

Matti Korkalainen

Suunnitelmien tuotantonäkökulma ja tuotantokelpoisuuden varmistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

21.8.2017

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Matti Korkalainen Suunnitelmien tuotantonäkökulma ja tuotantokelpoisuuden varmistaminen</p> <p>42 sivua + 5 liitettä 21.8.2018</p>
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennetekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennesuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Mervi Toivonen Tuotantopäällikkö Timo Markkula
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli tutkia, mitä hyötyjä tietomallinnuksesta on, mitä tietomallintaminen edellyttää ja mitä haasteita se tuottaa perinteiseen rakennushankkeeseen nähden.</p> <p>Insinööritöiden tilaajana oli YIT Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun kerrostalot-asuntorakentamisen yksikkö. YIT Oyj ja Lemminkäinen Oyj yhdistymisen myötä, YIT on suurin suomalainen rakennusyritys, merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö sekä suurin ulkomainen rakennusyhtiö Venäjällä. YIT toimii asunto-, toimitila- ja korjausrakentamisen, infrarakentamisen sekä päällystämisen alalla.</p> <p>Insinööritöiden tarve syntyi suunnitelmissa esiintyneistä puutteista erityisesti LVIS-töiden risteytystarkasteluissa ja reikävarauksissa, jotka kasvattavat hankkeen rakennusaikaisia kustannuksia. Insinööritöissä tutkitaan tietomallinnuksen tuomia hyötyjä työmaatoteutuksessa ja suunnitteluprosessissa sekä pyritään tekemään tuotanto prosessin tarpeisiin sopiva tuki. Työtä tehtiin tutkimalla tietokirjallisuutta sekä tekemällä erilaisilla teemahaastatteluja ja tuotannon henkilöstön kysely.</p> <p>Projektityö kohdistuu työpiirustussuunnittelun ja tuotannonsuunnittelun vaiheisiin YIT Rakennus Oy:n rakentamisen prosessissa. Työssä tutkitaan vuosikorjausraporttien kustannusjakaumaa sekä hankkeiden loppuraportteja. Tietomallintamisen kautta mietitään, miten hankkeissa ilmenneitä ongelmia voitaisiin ennaltaehkäistä jo ennen rakennusvaihetta ja sen aikana. YIT:llä on tarkoituksena mallintaa kaikki vuonna 2019 alkavat hankkeet.</p>	
Avainsanat	Tietomallihanke, tietomallinnus, suunnitelmien tuotantonäkökulma

Author Title	Matti Korkalainen Perspective of Plans and Ensuring Viability of Construction Process
Number of Pages Date	48 pages + 5 appendices 21 August 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Senior Lecturer Mervi Toivonen Production Manager Timo Markkula
<p>The purpose of the thesis was to study what kind of benefits Building Information Modeling offers for a construction firm, as well as what Building Information Modeling requires and what challenges it brings to a traditional construction project. The thesis was made for YIT Construction Ltd's Metropolitan Area.</p> <p>The need for this engineering thesis came from the shortcomings in the plans, especially as to crossover reviews and hole reservations, which increase the construction project costs. The bachelor's thesis examines the benefits of Building Information Modeling for production planning and planning process. The research was done by studying relevant literature and by conducting a variety of interviews and a production survey.</p> <p>The project focuses on the technical drawing planning and production planning in the YIT construction Ltd's building process. The study examines the cost distribution of the annual repair reports and the final report of the construction projects. Through Building Information Modeling most of the problems can be prevented in projects before and during the construction phase. YIT aims to model all the building projects starting in 2019.</p>	
Keywords	Building Information Modeling (BIM), production planning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoite	1
1.2	Tutkimuksen rajaukset ja työskentely tavat	2
2	Raporttien tutkiminen	2
3	Tietomallipohjainen rakennushanke	3
4	Suunnittelun ohjaus ja valvonta sekä laadunvarmistus	5
4.1	Suunnittelu aikataulu	6
4.2	Tietomallihankkeen johtaminen ja valvonta	8
4.3	Laadunvarmistus	10
5	Tuotantohenkilöstön Questback-kysely	12
6	Tietomallintamisen hyödyt hankkeelle	14
6.1	Suunnittelun hyödyt	16
6.2	Talotekniikan hyödyt	16
6.3	Tuotannon hyödyt	20
7	Tuotannon suunnitelmakatselmus	24
8	Tuotannon suunnitelmien arviointi	25
9	Tuotantosunnittelu ja Kuivaketju10	27
9.1	Kuivaketju10 osaksi prosessia	29
9.2	Kuivaketju10:n perehdytys ja dokumentointi	31
9.3	Kuivaketju10:n Questback-kyselyn tulokset	32
10	Haastattelut	34
10.1	Rakennuttajapäällikkö	34
10.2	Laskentapäällikkö ja laskentainsinööri	34
10.3	Tietomalliarkkitehti BIM Manager	34

11	Tietomallintamisen edellytykset hankkeelta	35
12	Tietomallihankkeen tuomat haasteet	36
13	Loppupäätelmät	39
14	Yhteenveto	40
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset Rakennuttajapäällikkö s. 1

Liite 2. Haastattelukysymykset Laskentapäällikkö ja Laskentainsinööri s.1

Liite 3. Haastattelukysymykset BIM-arkkitehti s.1

Liite 4. Questback-kyselyn kysymykset s.1-5, **Vastaukset ovat luottamuksellisia ja luovutettu yrityksen sisäiseen käyttöön.**

Liite 5. Prosessin tuki materiaali s.1, **Luottamuksellinen yrityksen sisäiseen käyttöön**

Käsitteet

IFC-tiedonsiirtostandardi

on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi, joka määrittelee tietokonesovelluksista riippumattoman tavan siirtää kolmiulotteista tietoa sovellusten kesken.

Kosteudenhallintakoordinaattori

toimii tilaajan edustajana rakennushankkeessa, koordinaattori on suunnittelijoista ja urakoitsijoista täysin riippumaton asiantuntijataho.

Kuivaketju10

on toimintamalli, jonka avulla pyritään tehostamaan rakennusprosessin kosteudenhallinnan onnistumista aina suunnittelun alkamisesta, rakennuksen ylläpitovaiheeseen.

Rakennuksen tietomalli

kuvaa rakennuksen rakennetta ja toteutustapaa sekä toimintaa, siten että kaikki tietomallia käyttävät osapuolet saavat siitä tarvitsemansa tiedon.

Virtuaalirakentaminen

Suunniteltu rakennus voidaan esittää visualisoinneilla ennen todellisen rakentamisen aloitusta. Simuloinnit toimivat suunnittelun ja toteutuksen tukena.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tilaajana on YIT Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun kerrostalot-asuntorakentamisen yksikkö. YIT Oyj ja Lemminkäinen Oyj yhdistymisen myötä, YIT on suurin suomalainen rakennusyritys, merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö sekä suurin ulkomainen rakennusyhtiö Venäjällä. YIT toimii asunto-, toimitila- ja korjausrakentamisen, infrarakentamisen sekä päällystämisen alalla.

Insinööriyön tarve on syntynyt suunnitelmissa esiintyneistä puutteista erityisesti LVIS-töiden risteilytarkasteluissa ja reikävarauksissa, jotka kasvattavat hankkeen rakennusaikaisia kustannuksia. Insinööriyössä tutkitaan tietomallinnuksen tuomia hyötyjä työmaatoteutuksessa ja suunnitteluprosessissa.

Projektityö kohdistuu työpiirustussuunnittelun ja tuotannonsuunnittelun vaiheisiin YIT Rakennus Oy:n rakentamisen prosessissa. Työssä tutkitaan vuosikorjausraporttien kustannusjakamaa sekä hankkeiden loppuraportteja. Tietomallintamisen kautta mietitään, miten hankkeissa ilmenneitä ongelmia voitaisiin ennaltaehkäistä jo ennen rakennusvaihetta ja sen aikana. YIT:llä on tarkoituksena mallintaa kaikki vuonna 2019 alkavat hankkeet.

1.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on arvioida suunnitelmien tuotantonäkökulmaa ja tuottaa selvitys tietomallintamisen tuomista hyödyistä varauspiirroksierroksissa ja suunnitelmien toteuttamisessa. Työssä pohditaan hyötyjä erityisesti työmaatoteutuksen kannalta. Työn tavoitteena on tutkia tietomallintamisen vaatimia edellytyksiä sekä tietomallintamisen aiheuttamia muutoksia suunnittelu- ja rakentamisprosessissa. Yhtenä osatavoitteena on kehittää tietomalliproessiin sopivaa tukea, jota voidaan hyödyntää osana tuotannon tukea. Lisäksi työssä mietitään Kuivaketju10:n liittämistä osaksi suunnitteluvaihetta sekä rakentamisen aloitusvaiheeseen, osaksi työmaan tuotannonsuunnitteluavaihetta.

1.2 Tutkimuksen rajaukset ja työskentely tavat

Tässä työssä keskitytään YIT rakennuttamisprosessin työpiirustus- ja tuotannonsuunnittelun vaiheeseen. Työstä rajataan pois tontti- ja hankesuunnitteluvaiheet sekä luovutus- ja ylläpitovaihe.

Tutkimustyötä tehdään tutkimalla eri kirjallisia aineistoja sekä YIT:n sisäisiä dokumentteja ja raportteja. Insinööriyön aikana tutkimustyötä suoritetaan, henkilöhaastattelemalla YIT:n laskentapäällikköä liittyen suunnitelmien valmiuteen tarjousvaiheessa sekä rakennuttajapäällikköä liittyen 2-vaiheiseen suunnitelmakatselmukseen. Lisäksi tutkimuksessa tietoa kerätään tekemällä sähköinen kysely, jonka kohderyhmänä ovat vastaavat työnjohtajat ja työpäälliköt.

Esitutkimusta laaditaan keräämällä tietoa tilaajayrityksen toteutuneiden vuosikorjausyksikön vastuukorjauksista ja niiden kustannuksista vuosien 2014-2017 välillä. Lisäksi tutkitaan hankkeiden loppuraportteja vuosien 2014-2017 välillä.

Haastattelujen ja tiedon keruun ohella, tutkitaan YIT:n Vantaan Omenan ja Lennonjohtajan yhdistelmämalleja sekä rakennemalleja, joiden kautta pyritään miettimään tuotantoprosessille sopivaa tukea.

2 Raporttien tutkiminen

Insinööriyössä hyödynnettiin YIT:n sisäisiä loppuraportteja sekä vuosikorjausyksikön kustannusraportteja vuosilta 2014-2017. Raporttien avulla saatiin kerättyä työhön arvokasta tietosisältöä, jota hyödynnettiin muun muassa insinööriyön teoriarungon muodostamisessa. Raporteista saadut tulokset sekä niissä esiintyneet ongelmat koottiin yritykselle jäävään raporttiin. Raporteissa ilmenneiden ongelmien pohjalta mietittiin, miten tietomallintaminen voisi hyödyttää rakennushankkeita ja yleisesti tuotannonsuunnittelua.

Raporteista kävi ilmi, että työmaiden kustannuksiin vaikuttaa lähes poikkeuksetta suunnitelmien puutteelliset tiedot ja virheet erityisesti LVIS-suunnitelmien osalta. Tämän takia hankkeille muodostuu edelleen liikaa työmaalla tehtävää suunnittelutyötä. Ongelmien seurauksena esiintyneet puutteet lisäävät työmaalla tehtävien aputöiden määrää muun muassa roiloituksina, piikkauksina ja läpiporauksina.

Raporteista havaituissa ongelmissa tietomallintaminen ja erilaiset tuotteistetut moduuliratkaisut olisivat voineet vähentää suurilta osin hankkeille muodostuneita ylimääräisiä kustannuksia jo suunnitteluvaiheissa. Tietomallipohjainen rakennushanke tulee muuttamaan niin YIT:n kuin muidenkin rakennusliikkeiden toimintatapoja, perinteisiä suunnittelumakatselmuskäytäntöjä sekä koko rakentamisen toimintaketjua.

3 Tietomallipohjainen rakennushanke

Tietomallit mahdollistavat virtuaalisen rakennuksen, joka ”rakennetaan” ennen varsinaista rakennusta. Rakennuksen tavoitteiden vastaiset ominaisuudet voidaan selvittää virtuaalisen rakennuksen avulla ja suunnitelmat voidaan korjata jo ennen rakentamisen aloitusta. Kun varsinainen rakennus tehdään virtuaalisen rakennuksen mallin mukaan, siinä ei esiinny enää suunnittelusta johtuvia yllätyksiä työmaalle tai käytön aikana. Rakennus valmistuu ajallaan ja on ulkonäöltään, kustannuksiltaan, energiakulutukseltaan ja muutenkin toiminnaltaan suunnitelmien mukainen. [2, s.68-69.]

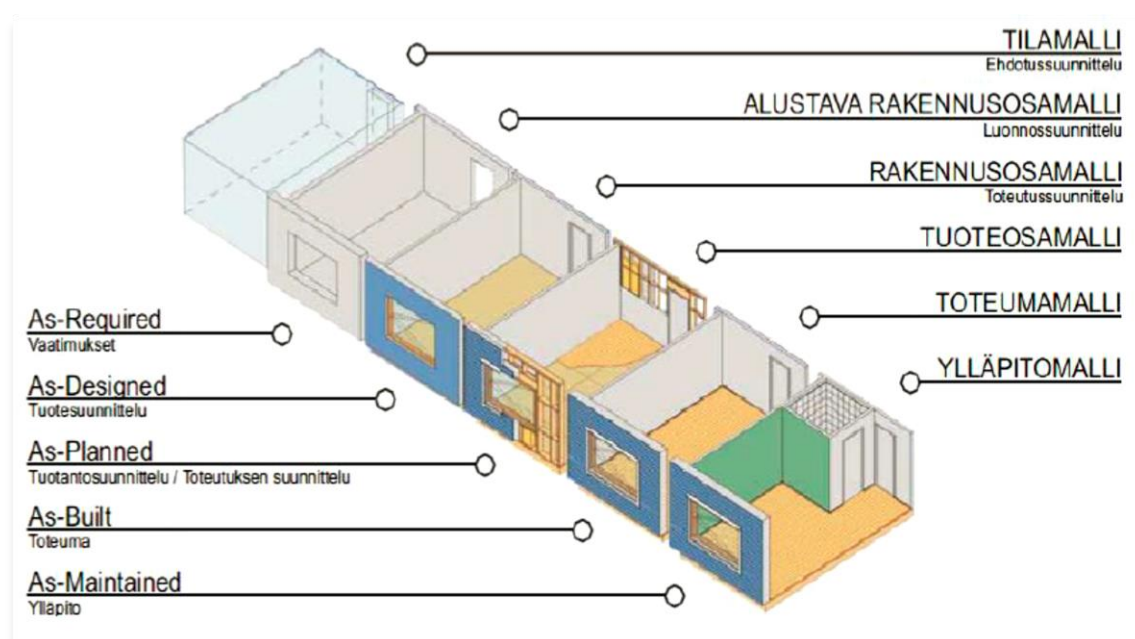
Tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa mallista saadaan poimittua hankkeelle tärkeää tietoa esimerkiksi tiloista, materiaaliominaisuuksista, rakenneosista sekä määrä ja mittatiedoista. Tietomallin avulla tiedon talletus ja siirtäminen rakennushankkeen osapuolten välillä tapahtuu nopeammin, tehokkaammin ja luotettavammin verrattuna perinteisiin menetelmiin, kuten piirustuksiin. Tietomalli on kokonaisvaltainen tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. [5. s.8-9.]

Ennen suunnittelutyön alkamista tilaaja järjestää rakennuttajan, projektijohdon tai pääsuunnittelijan johdolla kohdekohtaisen tietomallintamisen aloituskokouksen, jossa täsmennetään tietomallien käytön periaatteet. Kokouksen keskeisiä sovittavia asioita ovat mitä malleja tuotetaan ja mihin niitä käytetään, kokouksessa nimetään vastuuhenkilöt, sovitaan suunnittelu-aikataulu ja sen päivitystahti. Mallille sovitaan laadunvarmistuksen käytännöt, mallinnustarkkuus ja toleranssit, tietomallinnusselostuksen sisältö ja käyttö. [1, s.17.]

Hankkeen aikana tarvitaan useita malleja, jotta tietomallipohjainen rakennushanke olisi toteutettavissa. Tilaajan ohjauksella hankkeesta laaditaan vaatimusmalli. Hankkeen

edetessä laaditaan tontinmalli, tilamallit, tilaryhmämallit, rakennusosamallit, toteumamallit ja ylläpitomallit. Arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja talotekniikkasuunnittelijoiden suunnittelumallit muodostavat ytimen tietomallipohjaiseen toteutukseen. [1, s.25.]

Kuvassa 1 on esitetty tietomallihankkeen kulku eri suunnitteluvaiheissa. Kuva selkeyttää hyvin, mitä malleja missäkin hankkeen vaiheessa tuotetaan ja mitä asioita malleilta edellytetään. Rakennusliikkeen kannalta on tärkeää ymmärtää, että suurin osa suunnittelukustannuksista muodostuu jo ennen toteutussuunnittelua.



Kuva 1 Tietomallintamisen vaiheet [5 s.28]

Suunnitelmien ristiriidattomuus varmistetaan IFC-malleilla muodostettavilla yhdistelmämallitarkasteluilla tietomallikoordinaattorin johdolla. Työnjakona mallintamisessa on, että arkkitehtisuunnittelija laatii tilamallit, tilaryhmämallit ja rakennusosamallit. Rakennesuunnittelija tekee rakennemallit ja talotekniikkasuunnittelija laatii talotekniikan järjestelmämallit. Työskentelyn sujuvuuden varmistamiseksi hankkeen aikana on pidettävä useita tietomallikokouksia. Suunnittelijoiden laatimien tietomallien pohjilta voidaan työmaalla laatia tuotantomalleja, aluemalleja ja työturvallisuussuunnitelmia, joiden avulla hankkeen erityispiirteet voidaan visuaalisesti esittää hankeosapuolille. [1, s.26.]

Perusedellytyksenä tietomallien käytölle rakennustuotannossa on, että suunnittelijoiden tuottamat tietomallit vastaavat tietosisällöltään rakennustuotannon tarpeita hankkeen eri vaiheissa. Suunnittelijoiden tulee varmistaa mallien ja niistä koottujen yhdistelmä mallien laatua jatkuvasti koko hankkeen ajan yhteistyössä tietomallikoordinaattorin kanssa. Hankkeen tietomallikoordinoinnista tulisi sopia jo hankkeen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näin varmistetaan sujuva ja laadukas tietomallipohjainen työskentelytapa koko hankkeen ajan. Jotta tietomallintamisella saavutettaisiin hankkeen kannalta eniten hyötyä, koko hanke tulisi toteuttaa alusta loppuun tietomallipohjaisena. [1, s.27.]

Tietomallintamisen tavoitteen rakentajalle on tuottaa mitta- ja määrätietoja suoraan tietomallista ja siirtää digitaaliset suunnitelmat toteutuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Aikataulu- ja kustannustavoitteissa pysyvä rakentaminen edellyttää, että suunnitelmat olisi arvioitu ja tarkastettu jo hyvissä ajoin ennen rakentamisen aloitusta. Rakentamisen kannalta keskeistä on, millä tarkkuustasolla kohteen materiaali-, tuote- ja tarviketietoja eri hankevaiheissa käsitellään. Tietomalleja tulisi käyttää eri hankeosapuolten sekä eri tuote- ja järjestelmätoimittajien välisen työn koordinointiin. [6 s.4.]

4 Suunnittelun ohjaus ja valvonta sekä laadunvarmistus

Suunnittelun työn painopiste on tietomallipohjaisessa hankkeessa enemmän hankkeen alkuvaiheissa, jotta vaihtoehto ja ennakkotarkastelut saadaan tehtyä ja mallintamisen hyödyt saavutettua koko hankkeelle. Tietomallipohjaisessa hankkeessa rakennesuunnittelija tulee ottaa mukaan projektiin nykyistä aikaisemmassa vaiheessa, lisäksi kaikkien suunnittelijoiden (ARK, RAK, LVIS) tulisi aloittaa mallintaminen samaan aikaan, jotta mallintavan suunnittelun edut tulisivat esille. Hankkeen suunnitteluprosessissa kaikki tehtävämäärittelyt ja suunnittelutavoitteet pyritään sopimaan jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa tuotemallintaminen tehdään mahdollisimman kevyesti ottaen huomioon toiminnalliset tarkastelut, kohteen visualisoinnit ja simuloinnit, kustannusvertailut ja rakennettavuus. [5, s.9-10.]

Toteutus ja tuotantosuunnitteluvaiheessa mallintavaan alkuvaiheen suunnitteluun tulee varata enemmän aikaa. Toteutuksen kannalta tärkeän tiedon syöttäminen malliin on hidas, mutta mallin rakentamisen jälkeen tulosteiden tekeminen on vastaavasti perin-

teistä suunnittelumenetelmää nopeampaa. Aikasäästöt syntyvät mm. koko suunnittelu-ryhmän tiedonsiirron nopeutumisesta eli vaiheistuksen lyhenemisestä sekä suunnittelutyön tehostumisesta. [5, s.9-10.]

Hankkeen suunnittelutyön ohjaukseen sisältyy suunnittelutavoitteiden tarkastaminen, suunnitelmien tavoitteiden mukaisuuden valvonta ehdotus-, yleissuunnittelu- ja toteutus-suunnitteluvaiheissa. Tietomalleista johdetut ja tietomallisuunnittelussa määritelty tuotokset kootaan tilaajan päätöksenteon tueksi suunnitteluvaiheissa, niiden pohjalta tilaajan ja käyttäjän on helpompi ottaa kantaa esimerkiksi visuaalisiin, laadullisiin, toiminnallisiin sekä taloudellisiin ominaisuuksiin. Tila-, rakennusosa-, rakenne- ja järjestelmämallien käytön myötä hankkeen laajuuden ja muuntojoustavuuden hallinta helpottuu ja malleista saadaan tuotettua jo suunnitteluvaiheissa tärkeää tietoa osaksi suunnittelun laadunvarmistusta. Esimerkiksi energia-, olosuhde-, valaistus-, virtaus-, palo-, pelastus- ja akustiset simuloinnit ohjaavat suunnittelutyötä. [7, s.16.]

Suunnitelmakatselmuksilla sekä hyväksyttämisen- ja raportointimenettelyillä ohjataan suunnittelutyön kulkua ja varmistetaan että sovitut asiat on mallinnettu tarkistuspisteisiin mennessä. Suunnittelijoiden ja muiden osapuolten välistä yhteistyötä koordinoidaan säännöllisesti, jolloin varmistetaan tavoitteiden mukaisten ja keskenään yhteensopivien suunnitteluratkaisujen saavuttaminen. Tietomallien tarkastusprosessin avulla pyritään laadukkaampaan ja virheettömämpään toteutukseen, jolloin esimerkiksi kustannukset työmaatoteutuksessa saadaan vähenemään ja merkittävät ristiriitaisuudet ennakolta poistettua suunnitelmista. [7, s.16.]

4.1 Suunnitteluajakaulu

Rakennusalalla ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä tietomallisuunnittelun aikataulutukselle. Tietomallihankkeessa yleissuunnitteluun tarvittava työmäärä kasvaa ja samalla myös suunnitteluvaiheeseen vaadittava aika. Ajallisesti hyödyt hankkeelle saadaan toteutussuunnitteluvaiheessa. Mallien yhteensovittamiseen ja laadunvarmistukseen tarvittava aika rytmittää suunnittelun etenemistä eri suunnitteluvaiheissa. Aikataulun osalta pääsuunnittelijan on yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa, otettava huomioon tilaajan päätöksentekopisteet. Päätöksentekopisteissä tietomallien sisällön on oltava riittävää kyseessä olevaan suunnitteluvaiheeseen nähden. [7, s.14.]

Kuvassa 2 ilmenee suunnitteluvaiheiden aikana tuotettavat tietomallit ja niiden tarkentuminen suunnitteluprosessin edetessä. Rakennusliikkeen kannalta on tärkeää ymmärtää mitä malleja tuotetaan ja missä hankkeen vaiheissa.



Kuva 2 Tietomallit suunnitteluvaiheissa

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi. Arkkitehdin tilamallien avulla vertaillaan hankkeen laajuus-, kustannus- ja elinkaariominaisuuksia, tavoitteena on löytää sopivin ratkaisu toteutukseen. Mallista tehtävillä energiasimulointien ja elinkaarilaskelmien avulla pyritään varmistamaan rakennuksen energiatalous. Ehdotussuunnitteluvaiheen aikana pyritään vertaamaan vaihtoehtoisia suunnitelmuratkaisuja vaatimusmalleissa, esimerkiksi tutkimalla eri rakenne- ja taloteknisiä ratkaisuvaihtoehtoja. Ehdotussuunnitteluvaiheessa talotekniikka asiantuntijoiden käyttö yhdessä projektijohdon ja suunnittelijoiden tukena mahdollistaa, että hankkeelle asetettavat energiatehokkuus-, energiankulutus-, olosuhde- ja ympäristötavoitteet ovat hankkeen vaatimusten mukaiset ja tilavaraukset saadaan suunniteltua arkkitehtoniset vaatimukset säilyttäen. [7, s.16-17.]

Yleissuunnitteluvaiheessa valittu ehdotussuunnitelma kehitetään suunnitteluryhmässä toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Suunnittelun ohjauksessa käytetään aiempien tietomallien tietojen lisäksi mallipohjaisia alustavia arkkitehti-, rakenne- ja taloteknisiä tietomalleja, malleista laadittavien analyysien tulokset ohjaavat suunnitteluratkaisuja sekä tilaajan päätöksiä. [7, s.18-19.]

Toteutussuunnitteluvaiheeseen tarvittava aika saadaan lyhenemään, kun yleissuunnitteluvaiheen tuloksena saadut mallit sisältävät jo valtaosan toteutussuunnitteluvaiheessa tarvittavasta tiedosta. Toteutussuunnitteluvaiheessa malleja kehitetään rakentamisen

edellyttämään tarkkuuteen. Tuote- järjestelmäosasuunnittelua tehdään vaiheen edellyttämällä laajuudella, mallinnetun tiedon tulisi olla toteutussuunnitteluvaiheessa riittävää, jotta voidaan edetä tarjouslaskentavaiheeseen. [7, s.19-21.]

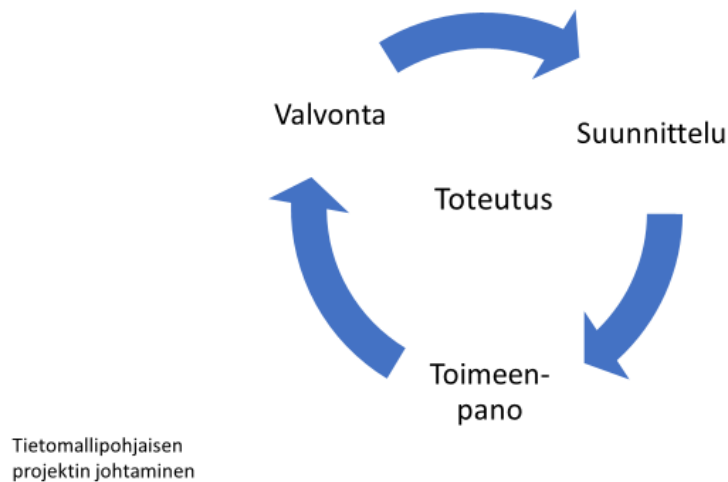
Rakentamisen valmisteluvaiheessa urakka-asiakirjoihin kirjataan vaatimukset mallien käytölle rakentamisen aikana sekä kuvataan menettelyt, miten rakennusaikaiset muutokset viedään toteumamalleihin. Lisäksi varmistetaan, että suunnitteluvaiheessa tuotettu suunnitelma-aineisto on hyödynnettävissä käytännön toteutuksessa. [7, s.6.]

Rakentamisvaiheessa tietomallintamalla tehtyä toteutussuunnittelua täydennetään yhdessä suunnittelijoiden ja/tai urakoitsijoiden kanssa hankkeessa sovitulla tavalla. Rakentamisvaiheen tehtävien osalta määritellään mitä malleja hyödynnetään työmaalla ja tehdastuotannossa. Lisäksi sovitaan, miten ja kenen toimesta toteumatietoihin siirretään rakentamisen aikaiset muutokset sekä päivitetään tiedot esimerkiksi urakoitsijan hankkimista tuotteista kuten laitteista, järjestelmistä, kanavista ja johdotuksista. [7, s.13.]

4.2 Tietomallihankkeen johtaminen ja valvonta

Tietomallipohjainen aikataulu täydentää tilaajalle hankkeen edetessä annettavaa rakentamisaikataulua ja sen avulla tilaaja voi ohjata muun muassa täydentävän suunnittelutyön järjestystä. Kriittisiä rakennusosia sekä työvaiheita voidaan viedä malliin sekä niiden toteutuneet asennusajankohdat ja edistymisen voidaan kirjata tietomalliin sovituin aikavälein kattaen myös talotekniikkaosat. Kirjattavaa hankkeen toteumaa voidaan viedä malliin sovituin väliajoin (esimerkiksi päivittäin tai viikoittain), jolloin tieto välittyy kaikille hankkeen osapuolille. [9, s.10-12.]

Kuvassa 3 on esitetty tietomallipohjaisen projektin johtaminen, joka jaetaan yleensä kolmeen eriosaprosessiin, joita ovat suunnittelu, toimeenpano ja valvonta. Prosessin keskelle lisättiin *toteutus*, koska toimeenpano kuvaa lähinnä ennen rakentamisvaihetta tapahtuvaa päätöksentekoa. Tietomallihankkeen onnistunut johtaminen ja koordinointi edellyttävät, että projektin tietomallintamistehtävät ja -menettelyt on suunniteltu ennakolta. Sopimusten avulla osapuolet sidotaan viemään suunnitellut tehtävät ja menettelyt rakennushankkeissa toteutukseen. Tehtävät toimeenpannaan ja organisoidaan määritettyjen tehtävien ja laaditun suunnitelman mukaisesti. Hankkeen edetessä projektikohtaisilla tarkastuspisteillä seurataan ja valvotaan tehtävien suoritusta. [7, s.5.]



Kuva 3, Tietomallipohjaisen projektin johtaminen [7, s.5]

Tietomallintamisen käyttö suunnittelutapana vaikuttaa perustavalla tavalla hankkeen läpivientiin, hankkeen aikana kaikkien osapuolten tietotekninen osaaminen korostuu. Tietomallintamisen myötä hankkeen organisointi ja koordinointi sekä aikataulutus ja vaiheistus tulevat muuttumaan perinteiseen rakennushankkeeseen verrattuna. Hankkeen osapuolten tiedonvälitykseen tarvitaan aktiiviset vuorovaikutus käytännöt ja halua yhteistyöhön. Suunnittelun ohjauksella ja koordinoinnilla toteutetaan tilaajan laadunvarmistustoimenpiteet ja seurataan tehtävien toimeenpanoa, suunnittelutyön edetessä tietomallinussuunnitelmaa päivitetään. [7, s.4-6.]

Tietomallikoordinaattori vastaa hankkeen teknisestä hallinnoinnista ja koordinoinnista hankkeen aikana. Tietomallikoordinaattorin tehtävänä on toimia tilaajan tukihenkilönä ja varmistaa eri hankeosapuolten yhteistoiminta siten, että työskentely on käytännössä mahdollista. Tietomallikoordinaattorin päätehtäviin kuuluu ohjeistaa ja ohjata hankeosapuolten työskentelyä, lisäksi tietomallikoordinaattori vastaa tietomallien teknisestä yhdistämisestä. Tietomallikoordinaattorin tulee varmistaa, että tietomallin sisältöä tuotetaan hankkeen yleisaikatauluun niin, että eri osapuolten tuottamien mallien tietosisältö on oikeaan aikaan ja oikeassa muodossa käytettävissä. Tietomallintamisen koordinointitehtävät voidaan liittää esimerkiksi pääsuunnittelijan tehtäviin tai rakennuttaja voi muodostaa hankkeelle oman erillisen tehtävänkuvan tietomallikoordinaattorin tehtävistä. [6, s.4-5.]

Yhdistelmämallien tarkastusten perusteella tehtävät muutokset tehdään aina alkuperäis-tiedostoihin ja -malleihin. Suunnitelmamuutoksen jälkeen osapuolet toimittavat korja-tuista tiedoista uudet versiot. Yhdistelmämallien teko edellyttää hankkeen eri osapuolten sekä tietomallikoordinaattorin välistä yhteistyötä, joka on muistettava hankkeen johtami- sessa. Tälle tehdylle työlle tulee varata riittävät resurssit, jotta kukin osapuoli kykenee suoriutumaan annettujen aikataulujen puitteissa. [6, s.4-5.]

4.3 Laadunvarmistus

Tietomallien laadunvarmistuksella tarkoitetaan suunnitelmien tietoteknisen laadun var- mistamista ja mallien törmäystarkastelua. Hankkeen eri suunnitteluvaiheissa tehtävällä laadunvarmistuksella varmistetaan mallin tietojen riittävyys ja tietosisältö verrattuna tie- tomallivaatimuksiin. [1, s.51.]

Tietomallihankkeen alussa mallinnuksen tavoitteet, laajuus, tarkkuus ja tietosisältö tulee olla määritelty ja kirjattu hankekohtaiseen projektitoimintaohjeeseen tai tietomalliselos- tukseen. Hankkeen suunnitteluvaiheen asiakirjoille ja tulosteille asetetaan mallintamisen laatuvaatimuksia. Vaatimukset riippuvat hankkeen luonteesta, koosta, osapuolten tai- doista sekä toteutuksesta. Projektitoimintaohje toimii laadunvarmistuksen työkaluna, kun eri osapuolten tuottamat osapuolimallit kootaan yhdistelmämalliksi. Hankeaikataulussa esitetyissä tarkistuspisteissä ohjataan suunnittelutyötä, koordinointi- ja tarkistuspisteet toimivat laadunvarmistuksena rakennushankkeen päätöksenteon ja keskeisten valinto- jen yhteydessä. Suunnitelmasisällölle tehdään yhdistelmämallissa olevien tietojen pe- rusteella päällekkäisyyksien sekä törmäys- ja ristiintarkastelujen tarkastelut analyysioh- jelmia hyödyntäen. [6, s.4-5.]

Projektin johdon näkökulmasta laadunvarmistuksen suorittajan tehtävä on suorittaa tilaa- jan laadunvarmistus suunnittelualakohtaisille tietomalleille ja yhdistelmämallille. Jokai- sen suunnittelijan ja suunnitteluryhmän vastuulla on omien suunnitelmiensa ja tarvitta- vien yhteensovitusien laadunvarmistus toimenpiteet. Suunnittelija on aina vastuussa omansuunnitelmansa laadusta. Tietomallien laadunvarmistus toimii siten, että laadun- varmistuksen suorittaja antaa palautteen malleissa havaituista ongelmista suunnitteli- jalle. Tietomallikoordinaattori määrittelee hankkeen mallintamiselle erityisiä laadunvar-

mistuksen varmistuspisteitä, joita ovat esimerkiksi vaatimusmallin tarkistaminen, ehdotussuunnitelman hyväksyminen, yleissuunnitelman hyväksyminen, toteutussuunnitelmien hyväksyminen ja toteumamallien hyväksyntä. [7, s.13-14.]



Kuva 4 Yhdistelmämallin virhe

Kuvassa 4 on nähtävissä yhdistelmämallissa ilmennyt yhteensopivuus/mallinnusvirhe talotekniikan vesijohtojen reititysten osumisessa arkkitehdinmalliin. Putket on mallinnettu kulkemaan portaikon alapuolella olevaan wc-tilaan väärästä paikasta, virhe ei ole toteutuksen kannalta vaarallinen, mutta ne saattavat vääristää määrätietoja, jos niihin luottaa sokeasti.

Tietomallihankkeissa suunnittelijat voivat aikaisempaa paremmin tarkastella itsenäisesti työnsä laatua ja sovittaa suunnitelmia yhteen muiden suunnittelualojen kanssa. Mallien laadunvarmistuksella tulisi edellyttää, että mallit ovat teknisesti oikein ja sovitettu yhteen muiden suunnittelualojen kanssa. Mallien tarkastuksessa tulee ottaa huomioon, että mallinnettujen osien sijainnit ja dimensiot sekä tunnuksot ovat oikein. Tietomallien ja kaikkien asiakirjojen sisältöjen tulee olla yhteneviä, mallinnettujen osien tulee olla mallinnettu oikeilla työkaluilla. Mikäli mallinnusta tehdään väärillä työkaluilla saattaa se vääristää tietomallista saatavia määrätietoja. [1, s.57.]

Aloituskatselmuksessa tietomalleille tulee sopia niiden päivitysväli sekä piirustusten julkaisuaikataulu, päivityksen yhteydessä on tietomalliselostukseen kirjattava tehdyt muutokset. Urakoitsija on velvollinen informoimaan havaitsemistaan tietomallin virheistä tai

poikkeamista tietomallikoordinaattorille sekä suunnittelijalle. Suunnittelijan on ilmoitettava asiasta myös muille hankkeen osapuolille, jolloin vältetään tarpeettomien lisäkustannusten muodostumisesta hankkeen osallisille. Poikkeamat tulee pyrkiä korjaamaan mahdollisimman nopeasti, jolloin niiden seurausvaikutukset saadaan estettyä. Suunnittelijan on tehtävä korjaukset malliinsa välittömästi tai sovittava muiden osapuolten kanssa korjausten tekemisestä. [9, s.8-9.]

Todenmukaisen rakennusgeometrian ja tarkastusohjelmien avulla suunnittelu virheet voidaan löytää helpommin kuin perinteisistä piirustuksista. Suunnittelumalleista koottuja yhdistelmämallia voidaan tarkastella nopeasti ja niissä olevat laadulliset poikkeamat huomataan helposti visuaalisilla tarkasteluilla. Suunnitelmien toimivuutta tai tarkoituksen mukaisuutta ei suoraan voida IFC-mallien avulla tarkastaa, vaan ainoastaan suunnitelmien laatua ja tietosisältöä. [1, s.31.]

5 Tuotantohenkilöstön Questback-kysely

Sähköistä Questback-kyselyä toteutettiin 27.2.2018-14.3.2018 välisenä aikana, jolloin sähköisen linkin kautta YIT:n asuinrakentamisyksikön vastaavien työnjohtajien sekä projekti-, ja työpäälliköiden oli mahdollisuus vastata kyselyyn. Kyselyn linkki lähetettiin kahdeksalletoista vastaavalle työnjohtajalle ja yhteensä viidelletoista projekti/työpäällikölle. Kysely toteutettiin **Liitteen 4** kysymyksillä. Liitteeseen 4 on koottu myös kaikki kyselyn vastaukset kysymyskohtaisesti. Kyselyllä halusin selvittää tuotantohenkilöstön ajatuksia tietomallihankkeesta ja kuivaketju10-toimintamallista.

Kyselyn vastausprosentin olisin toivonut olevan suurempi, vain noin 50% linkin saaneista vastasi kyselyyn. Kyselyyn vastanneiden vastauksissa oli kuitenkin pohdittu syvällisemmin kysymyksiä, jolloin ne toivat työhön paljon lisäarvoa.

Kyselyssä eräs vastaaja toteaa, että ”Tietomalli on vain väline suunnitelmien esittämiseen. Huono suunnitelma on huono myös mallissa. Mallista sen toivottavasti huomaa paremmin.” Suurin osa kyselyyn vastanneista arvioi YIT:llä kestävän 1-3 vuotta, ennen kuin osaaminen ja mallien hyödyntäminen on aika-, ja kustannustehokkaalla tasolla. Suunnittelun ohjaus on luonut tahtotilansa mallintamisen tasolle ja nyt ne pitäisi yhteensovittaa muiden prosessien kanssa. Oleellista on se mitä haluamme saada irti mallista. [Liite 4, kysymys 19.]

Kyselyssä kävi ilmi ongelmia, joihin tietomallintamisen myötä toivotaan ratkaisuja.

Taulukko 1, Perinteisen hankkeen ongelmia, Questback-kyselyn purku. [Liite 4, kysymys 3 & 9]

Kuvaus	Ongelma
Talotekniikan yhteensovittaminen	Lisääntyvä tekniikka vaatii enemmän huomiota reikävarauksien ja risteävyyksien huomioimisessa
Tiedonhakeminen	Perinteisesti suunnittelusta rakennuksesta tietoja joutuu hakemaan useasta eri lähteestä
Suunnitelmien yhteensovittamisessa paljon puutteita	Johtoreittivalinnat, päätelaitteiden sijoitukset, varaustiedot, mm. korot ilmenevät työmaalla asennusvaiheessa ongelmina, tehdään suunnittelua työmaalla, mikä johtaa uusiin ongelmiin myöhemmissä työvaiheissa
Suunnitteluosapuolten alhainen osaamistaso	Kolmiulotteisuuden hahmotus piirustuksissa ja suunnittelijoiden keskenäinen yhteistyö ollut heikotasoista.
Suunnitteluosapuolten koordinointi	Pääsuunnittelijan velvoite suunnitelmien yhteensovittamisesta ei ole koskaan ulottunut pintaa syvemmälle
Keskeneräiset suunnitelmat rakentamisvaiheessa	Ylikuormitustilanteessa suunnittelutoimistot tuottavat jopa tietoisesti keskeneräisiä suunnitelmia projektipankkiin täyttääkseen asetetun piirustusaikataulun. Se on johtanut virheellisiin työsuorituksiin työmaalla.
Suunnittelijoiden puutteellinen yhteistyö	Tämä aiheuttaa sen, että jokin suunnittelija ei saa suunnittelua edistettyä, sillä odottaa lähtötietoja toiselta/toisilta suunnittelijoilta. Tästä johtuen suunnitteluajat venyvät ja suunnittelu ei ole riittävän pitkällä siinä vaiheessa, kun pitäisi aloittaa rakentaminen tai alustava hankintojen sopiminen.
LVI-tekniikka	Rakennusten ilmanvaihto on osoittautunut hankalaksi lajiksi. Hankaluus ilmenee usein ikkunoiden huurtumisilla. Uusien säädösten mukaan huoneistot säädetään ilmanvaihdon osalta tasapainoon. Rakennuksen sijainnista, korkeudesta ja olosuhteista riippuen huoneiston paine-erot ulko- ja sisätilan välillä voivat näin ollen muuttua dramaattisesti suunnitellusta tasapainotilanteesta. Ei riitä pelkästään, että tulo- ja

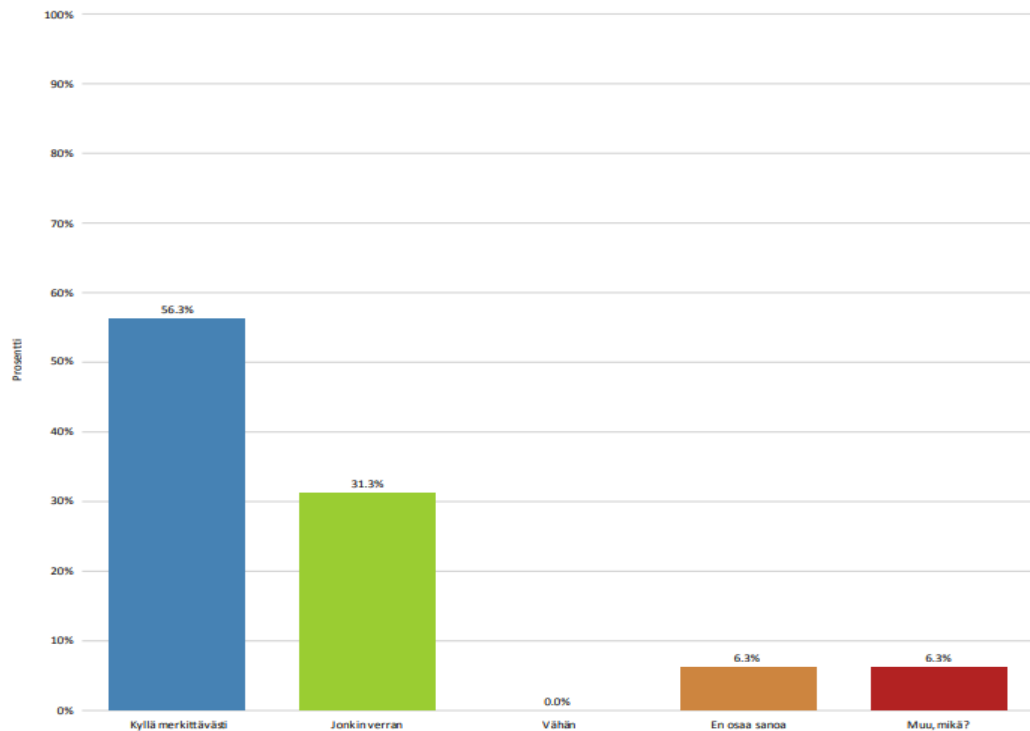
	poistoilman suhde on tasapainossa, sillä ulkopuoliset tekijät vaikuttavat tähän suhteeseen. Eli simuloidaan rakennuksen ulkopuoliset tekijät osaksi ilmanvaihdon suunnittelua.
Riskirakenteiden tunnistus	Mahdolliset riskipaikat tunnistettaisiin jo aikaisessa vaiheessa, ennen tuotantoon siirtymistä. Vuosikorjauksiin liittyy useimmiten eri riskirakenteiden liittymät toisiinsa, kuten terassit, räystäät, sokkelit yms. joissa veden on mahdollista ohjautua rakenteiden sisään.

6 Tietomallintamisen hyödyt hankkeelle

Tietomallit tuovat hankkeille monia hyötyjä, ne toimivat osana toteutuksen suunnittelun tueksi, niitä voidaan hyödyntää työn valmiusasteen seurannassa sekä tuotannon ja työmaan johtamisessa. Tietomallit mahdollistavat nopean tiedon välityksen hankkeen eri osapuolten välillä ja hankkeen suunnittelijat voivat tehdä yhteistyötä jo hankkeen aikaisemmassa vaiheessa. Aikaisemmin alkava yhteistyö osapuolten välillä nopeuttaa suunnittelun prosessia ja virheet saadaan vähenemään. [1, s.30.]

Tietomallien käytöllä saadaan poistettua suurin osa inhimillisistä virheistä sekä parannettua yleisesti hankkeen taloteknistä suunnittelua. Tietomallit eivät tee inhimillisiä virheitä, ne eivät väsy, hermostu tai turhaudu eikä niiden tarkkaavaisuus herpaannu. Ne eivät aiheuta virheitä siis samasta syystä kuin ihmiset. [2, s.34-25.]

5. Tietomallien avulla rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto osapuolten välillä tehostuu. Uskotko ARK,RAK,LVIS-suunnitelmien ristiriitojen määrät tulevat vähenemään?



Kuva 5 Questback-kysely [Liite 4, kysymys 5]

Kuvassa 5 ilmenee Questback-kyselyn vastanneiden optimistinen suhtautuminen suunnitelma ristiriitojen vähenemiseen tietomallihankkeen myötä. Kyselyssä ilmeni, että ongelmana perinteisessä hankkeessa on ollut juuri suunnittelijoiden välisen yhteistyön puute.

Perinteisesti tehdyssä 2D-suunnittelutyössä lähes poikkeuksetta löytyy puutteita elementtien reikävarauksissa, tietomallintamisella on teoreettinen mahdollisuus saavuttaa merkittäviä kustannushyötyjä hankkeelle, kun elementtisuunnittelu saadaan virheettömämmäksi taloteknisensuunnittelun osalta. Reikävarauksen toimintaprosessissa talotekniikkasuunnittelija lisää haluamaansa läpivientipaikkaan reikävarausobjektin, jonka rakennesuunnittelija käy muuttamassa aukko-objektiksi. Rakennesuunnittelija vastaa varauskierron jälkeen, että rakenne säilyttää toimivuutensa aukotettuna. [4, s.35.]

6.1 Suunnittelun hyödyt

Tietomallintamisessa suunnittelutyön hyötyjä ovat malleille tehtävät analysoinnit, joilla puutteelliset tiedot voidaan havaita luotettavasti analysoimalla tietomallia vaiheittain. Puutteiden löytämiseksi analyysijä voidaan ketjuttaa tarpeellinen määrä, jolloin edellinen analyysi varmistaa, että seuraavalla analyysillä on käytössään tarpeelliset lähtötiedot. [2, s.64.]

Tietomalliin voidaan asettaa erilaisia rajoituksia jotka estävät mallintoimintaa virhetilanteissa. Fyysisesti mahdottomia tai järjettömiä asioita voidaan estää reaali maailman rajoituksilla, esimerkiksi pöydällä pitää olla jalat, koska pöytälevy ei voi leijua ilmassa. Kun tietomalli näkee asian mahdottomana, se estää objektia toimimasta. [2, s.34-25.]

Yhden tiedon päivittäminen malliin vaikuttaa lukuisiin eri asioihin. Esimerkiksi sama ajantasainen tieto saadaan päivittymään kaikilla hankkeen suunnitteluosapuolilla automaattisesti muun muassa piirustuksiin, laskelmiin, simulaatioihin ja mallinäkömiin. Perinteisessä suunnittelussa tiedon päivittäminen vaatii erikseen jokaiseen tarpeelliseen dokumentin muokkaamista, eikä tieto korjauksesta päivity kaikille osapuolille. [1, s.30.]

Rakennuksen tietomallia mallinnettaessa pohjapiirustusnäkömään tehdyt muutokset vaikuttavat automaattisesti myös toisiin pohjapiirustuksiin, julkisivuihin, leikkauksiin, määräluetteluihin ja 3D-visualisointeihin. Suunnittelutyössä muutostenhallinta helpottuu, jolloin muutoksista johtuvia odottamattomia vaikutuksia suunnitelmiin ei pääse muodostumaan. Suunnittelutyössä muutoksia saatetaan tehdä tuntematta niiden kerrannaisvaikutuksia. Tietomalleihin perustuvat rajapinnat ja analyysit mahdollistavat nopean, luotettavan ja monipuolisen palautteen muutosten vaikutuksista. [2, s.71.]

6.2 Talotekniikan hyödyt

Talotekniikan hyödyt saadaan parhaiten aikaan, kun ennen työmaan aloitusta talotekniikka malleja käytetään virtuaaliseen asennuskatselmukseen. Virtuaalisella asennuskatselmuksella jokainen osapuoli näkee omanosuutensa hankkeessa ja näin ollen kokonaisuuden hahmotus helpottuu. [1 s.15-16.]

Talotekniikan sovitukset tulevat tarkemmiksi ja helpommiksi sovittaa niille varattuihin tiloihin yhdistelmämallien avulla, jossa kaikkien suunnittelualojen mallit ovat ”päällekkäin”. Yhdistelmämallilla suunnittelun yhteensopivuutta voidaan tarkastella mallissa kävellen ja leikkauksia hyödyntäen, jolloin suunnitelmien risteilytarkastelut on helppo toteuttaa. Tietomalleihin saatavilla laadunvarmistusohjelmistoilla voidaan suorittaa törmäystarkasteluja, jolloin havaitaan puutteet ja ongelmakohdat nopeasti ja tarkasti. Verrattuna perinteiseen manuaalisesti tehtävään 2D-suunnitteluratkaisujen tarkasteluun, tietomallista saadaan tehtyä törmäystarkastelut nopeammin ja tehokkaammin. [1, s.70.]



Kuva 6 Talotekniikan reititykset

Kuvassa 6 ilmenee työmaalla esiin tullut ongelma suunnitelmien väliltä. Tuuletusputkien suunnittelussa ei ole huomioitu viemäroinnin vaatimaa tilaa, jolloin asennustyö on hankaloitunut ja viemäriputket jouduttu viemään tuuletusputkien alitse. Tietomallista ongelmapaikka oltaisi voitu havaita jo ennen työvaiheen aloitusta.

Tulkinnanvaraiset virheet poistuvat suunnitelmista ja elementtien aukkosuunnittelu saadaan kustannustehokkaammaksi LVIS-tekniikan aukkovarausten osalta. Yhdistelmämallien avulla voidaan ennakoon suunnitella ja sopia tekniikan asennusjärjestyksestä sekä työjärjestyksestä. Näin ollen talotekniikan aikataulutusta voidaan suunnitella siten, että työmaalla on oikeaan aikaan oikeat resurssit käytössä. [1, s.70.]

Törmäystarkasteluilla voidaan varmistaa, että talotekniikka mahtuu arkkitehdin määrittämien alakattokorkojen puitteissa. Arkkitehdinmalli on talotekniikan tietomallinnuksen kannalta avainasemassa, koska talotekniikan tuotemallinnus perustuu merkittävältä osin rakennusgeometrian ja tilatietojen hyödyntämiseen. [4, s.14.]

Taloteknisessä suunnittelussa hyödytään monipuolisista vaihtoehtotarkasteluista, jotka on helppo muuttaa suunnitelmiin sekä voivat tapahtua käytännön projektiaikataulujen puitteissa. Simuloinneilla, analysoinneilla ja visualisoinneilla tuetaan koko suunnittelutiimin työtä, esimerkiksi malleilla voidaan vertailla eri ratkaisujen todellista vaikutusta esimerkiksi energia- ja tiivistuloksiin sekä sisäilman laatuun. [4, s.14.]

Talotekniikkasuunnittelun näkökulmasta tietomallipohjaisesta suunnittelusta saatavaa lisäarvoa tuovat erityisesti suunnitteluvirheiden väheneminen. Lisäksi suunnitelmien havainnollisuus ja ymmärrettävyys paranevat oleellisesti tietomallin käyttäjille. [4, s.10.]

Kuvassa 7 ilmenee suunnitteluosapuolten yhteistyönpuute reitityksien suunnittelussa. Paljon tekniikkaa on viety suunnitelmissa yhteen alakattokoteloon. Käytännön toteutuksen suunnittelu on jouduttu tekemään työmaalla, jotta tekniikka on saatu mahtumaan suunniteltuun koteloon. Tietomallista saatavilla leikkauskuvilla asentajat olisivat voineet toteuttaa asennustyön huomattavasti nopeammin.

Talotekniikkasuunnittelussa mallinnuksen hyödyt saavutetaan, kun suunnittelu tehdään aidosti 3D:ssä, jolloin korkeusasemat vastaavat todellisuutta ja kanavat/putkistot väistävät toisiaan ja ovat yhteen sovitettuja muiden suunnittelualojen mallien kanssa. Pienidimensioisten putkistojen keskinäisiä väistöjä ei mallinneta malliin, esimerkiksi lämpöpattereiden kytkennöissä voidaan pienet putkikoot mallintaa kulkemaan toistensa läpi. [4, s.35.]



Kuva 7 Talotekniikkavaraukset

Tietomallissa IV-kanavien eristykset mallinnetaan todellisuutta vastaavina, putket mallinnetaan eristettyinä käytävillä sekä eristämättöminä pystyosuuksilla. Sähköjärjestelmämallissa tilavarausten ja yhteensovituksen kannalta tärkeimmät mallinnuksen kohteet ovat johtotiet (kaapelihiyllyt, johtokanavat, ripustuskiskot) ja keskukset, joiden sijainnit voidaan varmistaa yhteisestä yhdistelmämallista. [4, s.35.]

Kuvassa 8 ilmenee tyypillinen työmaalla ilmennyt ongelma IV-tekniikan asennuksessa. Asentaja tekee työtä suunnitelmien mukaisesti, mutta ei kuitenkaan ymmärrä arkkitehdin asettaman alakattokoron merkitystä. Mikäli talotekniikan mallinnuksessa käytetään oikeassa mittakaavassa olevia tuoteosaobjekteja ja oikean kokoisia eriste paksuuksia, pystyisi asentaja hyödyntämään tietomallista saatuja kolmiulotteisia kuvia oikeiden tekniikkaosien valinnassa. Näin ollen työmaalla olevat toteutuksen ongelmat vähenevät merkittävästi ja seuraavissa työvaiheissa virheiden seuraamusvaikutukset poistuisivat kokonaan. Kuvan asennuspaikkaan vaihdettiin risteyskappale, jolloin alakattoa ei jouduttu ti puttamaan kuin 30 mm suunniteltua korkeutta alemmaksi.



Kuva 8 Ilmanvaihdon asennusongelma

6.3 Tuotannon hyödyt

Tietomallintamisella saavutetaan monia tuotannollisia hyötyjä rakennushankkeessa. Tietomallipohjaisessa hankkeessa suunnitelmien hankalat, vaikeat sekä mahdollisesti kokonaan suunnittelematta jääneet kohdat voidaan työskentelyssä selvittää jo etukäteen, jolloin yllättäviä kustannuksia ei pääse muodostumaan työmaatuoannolle. [5, s. 15]

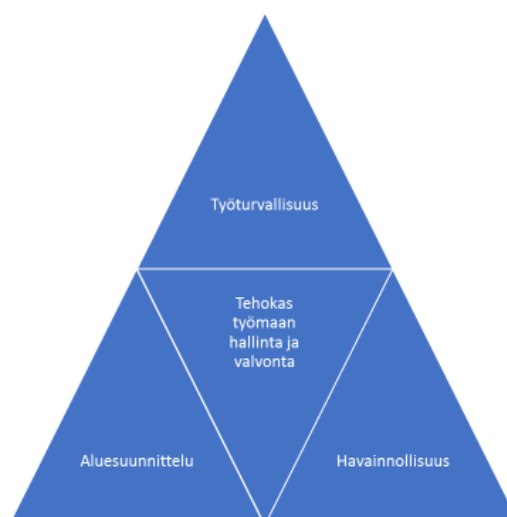
Tuotannon suunnittelun ja ohjauksen näkökulmasta rakentaja voi hyödyntää mallia aktiivisessa päivittäisessä ja viikoittaisessa työsuunnittelussa ja toteumaseurannassa, vaihtoehto- ja tarjousvertailuissa. Asennusjärjestysten simuloinneilla hankkeesta saadaan tutumpi hankeosapuolille. Rakentajaa hyödyttävää tietoa saadaan yhdistelmämallista, jotka mahdollistavat mitta-, määrä- ja kustannustiedon sekä erilaisten luetteloimaisten tietojen poimimisen tuotannon suunnittelun tarkoituksiin. Oleellista on, että tarvittava tieto poimitaan tapauskohtaisesti tietomallista oikeaan aikaan ja täsmällisesti käsillä olevaan tarpeeseen, tietoa tulisi poimia vain ajantasaisesta tietomallista. [5, s.15-16.]

Mallintamisella saadaan tuotettua määrätietoa urakoinnin tueksi. Tietomallista tehty määrälaskenta nopeuttaa ja antaa tarkemman tuloksen kuin perinteisesti tehty käsin laskenta. Tietomallinnus tulee kuitenkin olla virheettömästi ja oikein tehty. Tietomalleista

saatavat määrälaskennat ja määräluettelot poistavat merkittävän osan päällekkäisestä työstä. [9, s.10.]

Hankkeiden kustannusten hallinta paranee, kun kustannusarvioita voidaan tuottaa helpommin hankkeen eri vaiheissa. Rakennushankkeen ja rakennuksen elinkaaren kustannukset määräytyvät pääosin hankkeen suunnitteluvaiheessa. Kustannuksia voidaan vähentää vertailemalla vaihtoehtoisia toimituskokonaisuuksia hankkeen alkuvaiheessa, jolloin hankkeelle voidaan valita kustannustehokkain tai laadullisesti paras toteutustapa. [5, s.13-16.]

Kuvassa 9 on esitetty tuotannon kannalta keskeisimmät hyödyt hankkeelle. Tietomallintamisen hyötyjä työmaatoteutukseen syntyy asteittain kun rakennusliike sisäistää uusia toimintatapoja ja tietomallintaminen vakiintuu osaksi käytännön toteutusta.



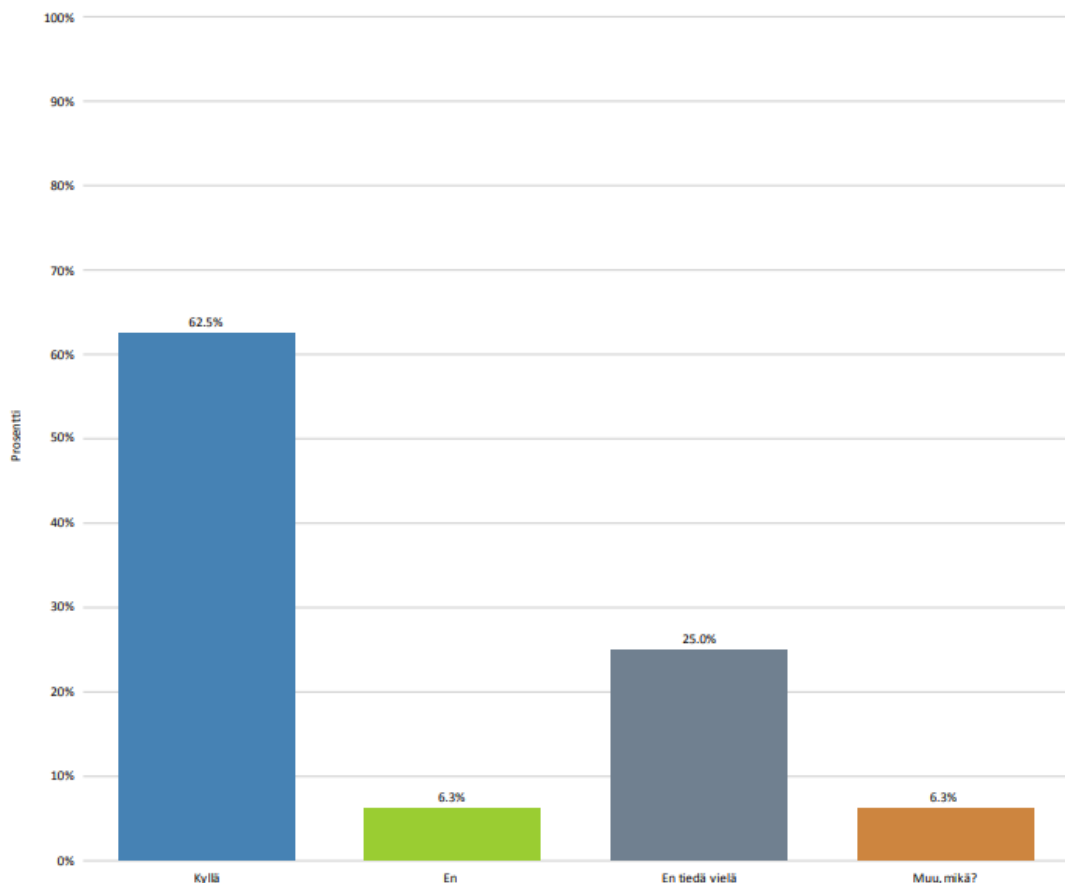
Kuva 9 Tietomallintamisen hyödyt tuotannolle

Tietomallipohjainen suunnittelu parantaa huomattavasti suunnitelmien havainnollisuutta ja ymmärrettävyyttä niiden hankeosapuolille. Tietomalleilla voidaan tutkia monimutkaisia ja teknisesti vaativia rakenteita jo ennen tuotannon toteutusta. Tämä helpottaa erityisesti talotekniikka-asentajien ja työnjohtajien työtä, sillä reititykset tehdään tuotemallista saaduilla kuvilla, jolloin laadullisia poikkeamia tuotantoon ei enää tule. [5, s.13-16.]

Tuotannon tarpeisiin mallista saatavat dokumentit selkeyttävät ja havainnollistavat paremmin rakenneosia kuin perinteiset 2D-piirustukset. Perinteisten suunnitteludokumenttien merkitys vähenee, kun tietomallinnuksella pystytään tuottamaan tarkasti kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivat dokumentit, jotka voidaan tulostaa suoraan tietomallista. [5, s.25.]

Tietomallia voidaan hyödyntää työmaapalavereissa, työvaiheiden aloituspalavereissa ja urakoitsijapalavereissa sekä hankintatoimessa havainnoinnin apuvälineenä sekä tukimateriaalina. Yhdistelmämallia pyöritellen kohdetta voidaan tarkastella ruudulta osakohdaisesti, jolloin siitä voidaan piilottaa muita suunnittelualoja, lisätä kommentteja sekä tallentaa näkymiä kokousmuistioita varten. Palavereissa tietomallilla voidaan esittää visuaalisesti tulevat työvaiheet, työmaan eteneminen ja aikataulutilanne. [1, s.65-69.]

10. Tietomalleja voidaan hyödyntää mm. työmaan valmiusasteen seurannassa ja työjärjestysten suunnittelussa. Aiotko ottaa tietomallintamisen tueksi osana kokouksia/palavereita?



Kuva 10 Questback-kysely [Liite 4, kysymys 10]

YIT:llä käyttöönotetussa momentti-hankkeen mukaisessa perehdytyksessä voidaan 3D-esitystapaa hyödyntää osana perehdytyksen ja koulutuksen tukea. Vaaranpaikat voidaan osoittaa käyttämällä työmaasta saatavia 3D-kuvia ja turvallisuustekijät huomioida tietokoneella tai tablet-laitteessa tehtävässä työmaaperehdytyksessä. Virtuaalikierroksella hanke saadaan tutuksi perehdytettävälle jo ennen työmaakierrosta, jolloin pystytään osoittamaan työmaan keskeisiä vaara-alueita. TR-varttien yhteydessä tietomalleilla voidaan luoda visuaalista lisäarvoa näyttämällä esimerkiksi työmaan vaaravyöhykkeet tai paikka, jossa esimerkiksi tapaturma on sattunut. Kuvan 10 Questback-kyselyn kaaviossa ilmenee, että YIT:n toimihenkilöt ovat positiivisella asenteella ottamassa uusia toimintatapoja käyttöönsä. Halusin kyselyn kysymyksellä saada selville, yrityksen asenteita uuden toimintatavan käyttöönottoon.

Työmaalla tehtävässä turvallisuussuunnittelussa ja riskien arvioinnissa tietomallien avulla havaitaan helposti vaaranpaikat jo ennen työvaiheen aloitusta. Tämän pohjalta on helppoa suunnitella työvaihekohtaisesti esimerkiksi putoamissuojaukset, suojakaiteet, suojakatokset, kiinnitykset ja ankkuroinnit kuntoon. [7, s.22-23.]

Työmaan alue- ja logistiikkasuunnittelussa hyödyt saavutetaan, kun alueet saadaan mallinnettua mahdollisimman kattavasti. Tietomallista tehdyllä työmaan logistiikka- ja alue-suunnittelulla toimituksien vastaanotto ja varastointi saadaan suunniteltua paljon toimivammaksi, kun tilavaraukset tehdään oikean kokoisilla objekteilla. Näin vältetään tahattomalta varastoinnilta näiden alueiden ulkopuolelle ja mallista nähdään, onko tontilla riittävästi tilaa esimerkiksi hälytysajoneuvojen kulkureiteille sekä poistumisteille. Tietomallintamisen avulla työmaan kameravalvonta voidaan suunnitella siten, että katvealueita ei synny, jolloin murtosuojausta saadaan parannettua. [1, s.65-69.]

Tietomallintamisella voidaan lyhentää merkittävästi betonielementtien suunnittelu ja valmistusprosessien kestoja. Lopullisten valmistuskuvien lähettäminen tehtaalle voidaan laskea kuudesta viikosta jopa kolmeen viikkoon, elementtiprosessin tiivistyminen perustuu porrastettuun tietojen lähettämiseen. [10.]

Kuvassa 11 on nähtävissä elementtisuunnittelussa suunnitteleman paikka. Mikäli kohteessa olisi käytetty tietomallia, olisi mysteeriaukko voitu havaita jo hyvissä ajoin suunnitteluprosessia. Yhden virheen korjaukseen kului useita työtunteja ylimääräistä aikaa niin työnjohtajien, suunnittelun, materiaalihankintojen ja työmaatoteutuksen osalta.



Kuva 11 Elementtisuunnittelun virhe

Elementtiasennusten osalta tietomallia voidaan hyödyntää erityisesti työturvallisuuteen liittyvissä asioissa. Työn toteutuksen kannalta tietomallia voidaan hyödyntää turvallisuusjärjestelyissä sekä varusteiden valitsemisessa. Urakoitsijat ja suunnittelijat voivat käydä läpi tietomallin avulla elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet sekä rungon toteutusjärjestyksen. Elementtitukien paikat, tukipisteet, sijainnit sekä erityyppiset elementit ja niiden määrät ja tukeutuminen paikalla rakennettuihin rungon osiin tai muihin rakenne-elementteihin voidaan tarkastaa tietomallista ennen elementtiasennustyön aloittamista., jolloin nähdään, miten elementtientuenta vaikuttaa turvallisuuteen sekä logistiikkaan. [9, s.16-17.]

Muutostöiden osalta malleja voidaan hyödyntää asukasmuutosten myynnissä. Asiakas näkee mallista sähkörasioiden sijainnit ja valaisin pisteiden paikat ja asunnon yleisilmeen jo ennakkoon. Visuaalisuus antaa asiakkaalle paremmin tietoa kuin tasokuvat, jolloin vääriä olettamuksilta vältetään niin työmaatoteutuksen kuin asiakkaiden osalta.

7 Tuotannon suunnitelmakatselmus

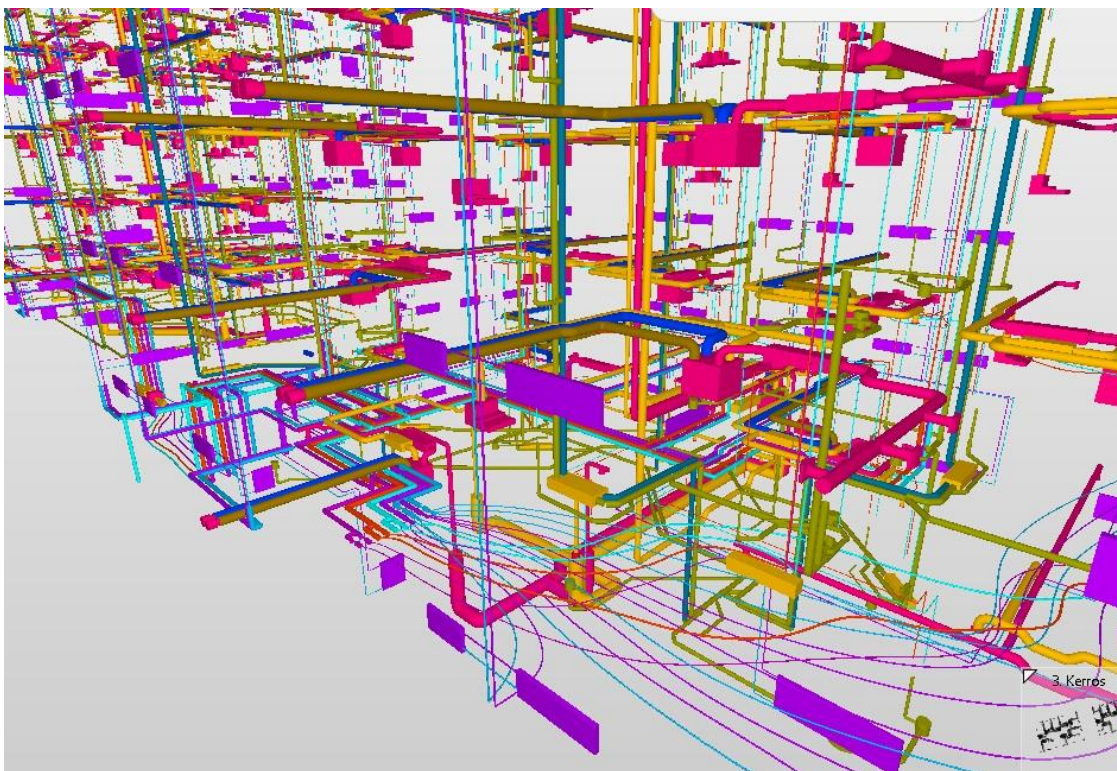
Ennen suunnitelmien katselmusta olisi tärkeää, että tuotannonhenkilöstö olisi tehnyt omat työmaakohtaiset tarkastukset yhdistelmämallille, jolloin malliin tehtävä korjausprosessi saataisiin aluille jo ennen tuotannon aloitusta.

Suunnitelmakatselmuksessa varmistetaan mahdollisten sovittujen korjausten tilanne sekä miten korjaukset on toteutettu. Katselmuksessa sovitaan osapuolten jatkotehtävistä, kuten miten mallintaminen etenee ja miten mallia tarkennetaan. Muita sovittavia asioita ovat esimerkiksi kenen toimesta tietojen määrittelyä ja tiedon tallennusta eri mal-
leihin tehdään ja mitä tietoa malliin tallennetaan. Tällaisia tietoja ovat suunnittelu-
aikataulun määrittelemisen ja suunnittelun valmiusasteen esittäminen mallin osille sekä hankin-
tapakettijaon esittäminen. Katselmuksessa tulee arvioida tietomallien mahdollinen muu
käyttö ja jakelu, eli mitä tietomalleja voidaan luovuttaa ja mihin käyttötarkoitukseen. [9,
s.6-7.]

Suunnitelmien valvonnan ja arvioinnin osalta järjestetään suunnitelmakatselmuksia tie-
tyin väliajoin. Näin varmistetaan, että tietomalliselostus on ajan tasalla sekä todetaan
tietomallien pääsisältö, käyttötarkoitus ja valmiusasteet. Katselmuksen yhteydessä var-
mistetaan, että suunnittelijoiden laadunvarmistustoimenpiteet on tehty ja eri suunnittelu-
alojen mallit on yhteen sovitettu keskenään. Suunnitelmien katselmukseen osallistuvat
yleensä rakennuttaja, pääsuunnittelija ja muut tarvittavat suunnittelijat. [9, s.6-7.]

8 Tuotannon suunnitelmien arviointi

Tuotannon suunnitelmien arvioinnissa tulisi selvittää, onko tietomallin rakennettavuus
ylipäättään toteutettavissa. Rakennettavuuden teknistä tarkastelua voidaan suorittaa etu-
käteen, mikäli mallinnus on tehty riittävän yksityiskohtaisesti ja tarkasti. Todellisuutta
vastaava tietomalli auttaa minimoimaan kalliita yllätyksiä sekä löytämään ongelmakohtia
ennen rakennustöiden aloittamista. Perusteellisella suunnitelmien läpikäynnillä voidaan
tuottaa parempaa laatua, hallita muutoksia paremmin sekä välttää virheitä toteutuk-
sessa. Keskeistä tuotannon suunnitelmien arvioinnissa on löytää yhteensopimattomuus-
det mallien väleiltä. [1, s.61.]



Kuva 12 LVI-malli

Kuvan 12 LVI-malli esittää havainnollisesti ilmanvaihtoputkien ja lämpölinjojen reititykset ja sijainnit, joiden tarkasteluun tasokuvista kuluisi perinteisessä hankkeessa useita työtunteja. Mallista voidaan helposti havaita tuotannon kannalta ongelmalliset paikat.

Tuotannon suunnitelmien arvioinnissa tulisi ottaa huomioon tietomallinnuksen tilanne, esimerkiksi onko urakoitsija tai tilaaja toimittanut valitsemien tuoteosien geometria- ja tuotetiedot malliin lisättäväksi. Tiedot tulisi olla toimitettuna heti kun ne varmuudella tiedetään. Tuotteiden tiedot saattavat vaikuttaa muihin suunnitelmiin sekä tietomalleista saataviin energiatehokkuus- ja ilmavirtausanalyysihin. [9, s.21.]

Tuotannon suunnitelmien kannalta malleista tulisi löytyä kaikki rakentamisen kannalta tärkeä tieto. Tietomallintaminen ei poista piirustusprojektoiden tarpeellisuutta tuotannossa sekä niiden merkitystä esimerkiksi rakennuksen esittämisessä ja kuvaamisessa hankeosapuolille. Piirustuksissa esiintyvät materiaalimerkinnot, mitoitusviivat tai viivatyyppit, kuten katkoviivat, pistekatkoviivat eivät yleensä liity millään tavalla itse tietomallin sisältöön, jolloin tietoja joudutaan syöttämään manuaalisesti suunnitelmiin. Tästä syystä suunnitelmista tulisi varmistaa, että tietomalleista saaduille tasokuville löytyy kaikki tuotannon kannalta tärkeät mittatiedot ja piirustusmerkit. [5, s.19.]

Tuotannon toteutuksen kannalta on oleellista, että mallinnettujen rakenteiden dimensiot, sijainnit sekä tunnuksot ovat oikein tietomallissa. Mallien tarkistuksilla varmistetaan, että tietomalli on tehty teknisesti oikein sekä sovitettu yhteen muiden suunnittelualojen kanssa. [9, s.5.]

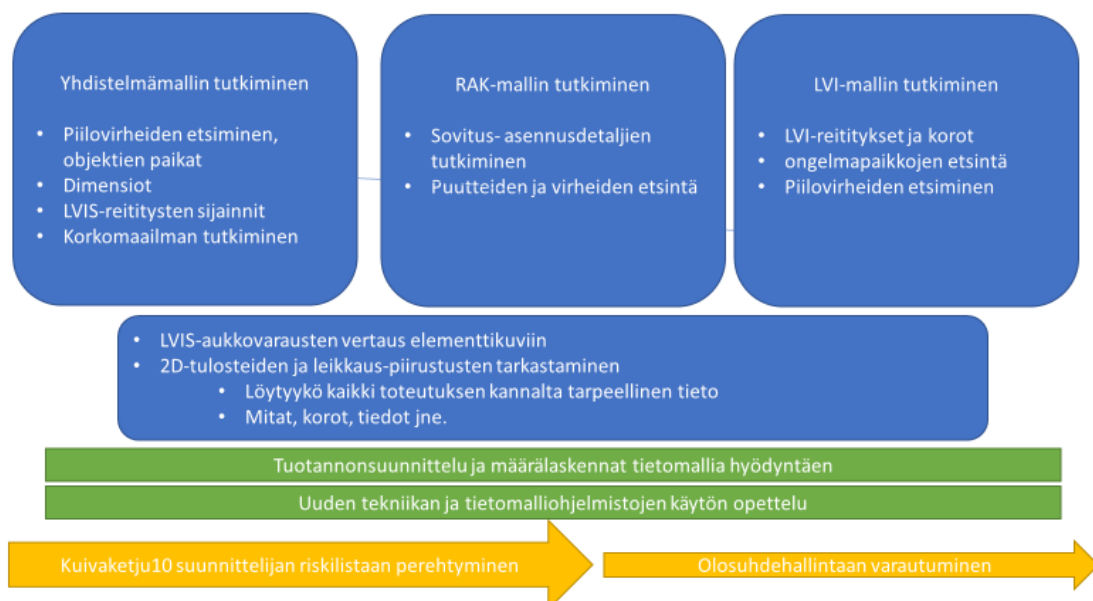
Tuotannon suunnitelmiin tehtävällä tarkastelulla varmistetaan, että kaikki tietomallisuunnitelmissa esiintyvät kolmiulotteiset objektit ovat täsmällisesti mallinnettuja. Täsmällisesti mallinnetut objektit ovat tärkeitä kohdissa, joissa mallit ovat muiden osapuolten lähtötietona, esimerkiksi miten talotekniikan sovittaminen saadaan onnistumaan arkkitehdin määrittämään alakattokorkoon. Lisäksi mallien on oltava täsmällisesti oikein niiltäkin osin, kun niistä tullaan tekemään tarkkoja toteutusdokumentteja ja -piirustuksia. [5, s.44.]

9 Tuotantosunnittelu ja Kuivaketju10

Työmaan tuotannonsuunnittelun aikana työnjohdon tulisi viimeistään aloittaa tietomallista ristiriitojen ja tuotemallinnettujen tuotteiden tarkastamisen sekä valmistautua työmaan aloitukseen. Rakennesuunnittelijan tuottamasta rakennemallista tulisi arvioida suunnitelmien toteutettavuus ja antaa suunnittelijalle palautetta ja kommentteja esimerkiksi lohkojaosta, laajojen paikallavalettavien rakenneosien vaiheistamisesta ja rakennettavuuteen liittyvistä seikoista. [1 s.15-16.]

Tietomallin tietosisällön pitää olla määrä- ja kustannuslaskentaa varten kunnossa, jotta laskentatulokseen voi luottaa. Työmaan tuotannonsuunnittelun aikana tietomalleilla voidaan löytää optimiratkaisu, jolla rakennusrunko saadaan valmiiksi ja sisävalmistustyöt käyntiin. [1, s.65-69.]

Työmaan tuotannonsuunnittelun aikana tulisi etsiä virheitä esimerkiksi tilamalleissa olevien objektien paikoissa, esimerkiksi liesituuletin on mallinnettu astiakaapin alle tai sähköasia on mallinnettu ikkunan päälle. Tällaiset pienet virheet saattavat vaikuttaa esimerkiksi väliseinämiehen ja sähköasentajan työskentelyyn, kun tietomallista saatavassa pohjakuvassa laite on merkattu väärään paikkaan. Tästä syystä työmaalla tulisi tehdä erilaisia tarkasteluja myös mallien leikkauksista ja pohjakuvista, jolloin nähdään, riittääkö kuvissa esiintyvä tieto työmaan toteutukseen ja työnsuunnitteluun.



Kuva 13 Tuotannonsuunnittelun aikaikkuna

Työmaatoteutuksen kannalta tulee tiedostaa, että tietomallit eivät välttämättä sisällä kaikkea tuotannon kannalta tärkeää tietoa. Tietomalleissa olevista yhdistelmämallista tulee tarkistaa LVIS-reitityksien sijainnit ja verrata niiden osuminen elementtikuvien reikävarauksiin. Mikäli elementtikuvissa huomataan puutteita, tulisi tieto välittää välittömästi rakennesuunnittelijan tietoon ja sitä kautta saada tieto etenemään myös elementtitehtaalle. Jokaisella suunnittelijalla on vastuu oman suunnittelualueensa mallintamisesta, jolloin periaatteessa kaikkien suunnittelijoiden aukkovaraukset pitäisi löytyä yhteisestä yhdistelmämallista riittävällä tarkkuudella määriteltynä ennen työmaan aloitusta. Kuvasessa 13 esitetään tuotannonsuunnittelun aikaikkunan ja toimenpiteet sen aikana. Tuotannonsuunnittelun aikaikkunan aikana tulisi keskittyä tulevan rakentamisvaiheen ennakosuunnitteluun ja yhdistelmä-rakennemallien tarkasteluun sekä suunnitteluvirheiden etsimiseen tasokuvista.

Työmaan tuotannonsuunnittelun aikana olisi tärkeää keskittyä näkymättömien virhetilanteiden ja oletusarvojen virheiden etsiminen. Tietomalleissa esiintyviä oletusarvojen virheitä saattaa esiintyä esimerkiksi ikkunoiden tai ovien sovitusedetaljeissa aukkoihin. Ohjelma on sijoittanut objektit tietyillä oletusarvoilla aukkoihin ja arkkitehti ei välttämättä ole kuitenkaan tehnyt päätöstä ikkunan tarkasta sijoittumisesta, jolloin väärä tieto jää suunnitelmiin. Työmaan tuotannonsuunnittelun aikana tulisikin arkkitehdiltä vielä varmistaa, että sovitusedaljit ovat oikein. [2, s.65-66.]

9.1 Kuivaketju10 osaksi prosessia

Kuivaketju10 on toimintamallilla, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Toimintamallilla pyritään torjumaan riskit rakennusprosessin kaikissa vaiheissa. Kuivaketju10:ssä on tarkoitus ylläpitää toimintamallia koko hankkeen ajan sekä dokumentoida luotettavalla tavalla riskien torjunnan onnistuminen. [8.]

Kuivaketju10:n toimintamalliin kuuluu riskilista ja -todentamisohje, jota arkkitehti, rakenne- sekä LVIS-suunnittelijat tarkentavat suunnittelutyön edetessä. Riskilista ja -todentamisohje sisältävät kymmenen keskeisintä kosteusriskiä, jotka on räätälöity kyseessä olevan hankkeen kosteusriskien hallintaan. [3.]

Kuivaketju10-toimintamallissa suunnittelijoiden tarkennettavaksi on esitetty kymmenen perussuurta riskiä, jotka tulee ottaa huomioon hankkeen suunnittelussa. Tällaisia riskejä ovat esimerkiksi rakennuksen ulkopuolisen kosteuden siirtyminen rakenteisiin, vesikatteen läpäisevän veden tunkeutuminen yläpohjiin, ilmanvuotokohtiin tiivistyvä kosteus sekä rakennuksen ylläpitotoimien laiminlyönti. Ongelmia hankkeissa saattavat aiheuttaa puutteellisesti tehdyt sokkelinvedeneristykset esimerkiksi elementtisaumojen kohdilta, joista vesi pääsee uimaan sisälle alapohjiin tai nousemaan kapillaarisesti rakenteisiin, lisäksi parvekepielielementtien kittaukset muodostavat väärin toteutettuna rakenteille kosteusriskin. Tästä syystä kosteusriskien torjunnan pitäisi alkaa jo hyvin tehdyistä suunnitelmista ja tarkoista detaljitason kuvista, jolloin työmaan virhetoteuttamisen vaara pienenee.

Kuivaketju10:n ottaminen osaksi rakennusprosessia alkaa tilaajan päätöksestä toteuttaa hanke toimintamallin periaatteiden mukaisesti, päätös toimintamallin käytöstä tulisi tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen suunnitteluvaihetta. Päätöksen jälkeen tilaaja nimittää hankkeelle pätevän kosteuskoordinaattorin, joka koordinoi, valvoo ja ohjaa Kuivaketju10:n toteuttamista koko hankkeen ajan. [3.]

Hankkeelle nimetyn kosteudenhallintakoordinaattorin tulee olla suunnittelijoista ja urakoitsijoista täysin riippumaton asiantuntijataho. Kosteuskoordinaattorin tehtävä on järkevintä määrittää osapuolelle, joka on hankkeessa muutenkin osallisena, esimerkiksi tilaa-

jan nimeämä valvoja. YIT:n omarakenteisessa toiminnassa koordinaattorin tulisi olla palkattu organisaation ulkopuolinen toimija. Kosteuskoordinaattorin tulee huolehtia työmaahenkilöstön perehdytyksestä toimintamallin mukaiseen toimintaan. [3.]

Kuvassa 14 esitetään Kuivaketju10-toimintamallin peruseriaate, jollaisena se kulkee läpi suunnitteluprosessin ja rakentamisvaiheen. Kuvassa on esitettyä kosteudenhallintakoordinaattorin päätehtävät hankkeen aikana, joihin koordinaattorin tulee keskittyä.

Hankkeen aikataulu ei saa olla liian kireä, jotta toimintamallin mukaiset riskienhallinnat voidaan työmaahenkilöstön sekä urakoitsijoiden toimesta toteuttaa onnistuneesti. Aikataulun kireyden arvioinnissa huomioidaan toteutuksen ajankohta, sijainti, arkkitehtuuri ja rakenneratkaisut. Tilaajalla on velvollisuus antaa realistinen aikataulu hankkeen toteutukseen suunnittelun, rakentamisvaiheiden ja rakennuksen käyttöönoton osalta. Kokonaisaikataulun riittävyys arvioidaan kosteushallintakoordinaattorin avustuksella ennen tilausvaihetta, hankkeen edetessä aikataulu arvioidaan uudelleen yhdessä suunnittelijoiden ja urakoitsijan kanssa. [3.]



Kuva 14 Kuivaketju10-toimintamallin peruseriaate

Toimintamallin tarkoitus on auttaa tunnistamaan rakentamisen riskipaikat ennakkoon, suunnittelijoiden vastuut kasvavat ja suunnitelmille laaditaan hankekohtaiset tarkastuslistat. Mikäli kosteudenhallinta vaatii, toimintamallin riskilistoja täydennetään ja detaljeista tehdään tarkemmat suunnitelmat. [8.]

Kuivaketju10:n tavoitteena on tuottaa laadukkaampi lopputulos hankkeelle sekä vähentää takuutöiden määriä vuosikorjausyksikössä. Toimintamalli luo uusia haasteita työmaa toimintaan ja haasteelliseksi kuivaketjussa tulee olemaan urakoitsijan toiminnan valvonta. [8.]

Toimintamalli edellyttää vielä tällä hetkellä, että kosteudenhallintakoordinaattori on organisaation ulkopuolelinen taho, mutta tulevaisuudessa myös erityiskoulutuksen saanut henkilö riittää kyseiseen tehtävään. Vielä on avoinna, voisiko koordinaattorina olla esimerkiksi YIT:n oma työntekijä, kuka on kuitenkin hankkeen työmaaorganisaation/suunnittelu organisaation ulkopuolinen taho. Ulkopuolinen taho tai ei, niin kosteudenhallintakoordinaattorilla tulee kuitenkin olla riittävä mandaatti työmaan toimintaan puuttumiseen. Päätehtävänä koordinaattorilla on keskittyä työmaan valvontaan eikä vain käydä toimistolla kuittaamassa tarkastusdokumenteja, eli valvonta ei voi perustua pelkkään luottamukseen. [8.]

9.2 Kuivaketju10:n perehdytys ja dokumentointi

Tietomallintamista voidaan hyödyntää Kuivaketju10:n osalta jo ennen rakennustyön alkamista, mallien avulla voidaan suunnitella työmaatoteutuksessa tarvittavia kosteudenhallinta toimenpiteitä sekä miettiä vaihtoehtoisia toteutustapoja.

Työmaalla vastuu Kuivaketju10:n noudattamisesta tuotannon henkilöstöllä. Kaikille työmaan työntekijöille tulisi antaa kaikille perehdytys Kuivaketju10:een. Työmaakohtaiseen perehdytykseen voidaan lisätä perustiedot siitä, mikä Kuivaketju10 on sekä luettelo suunnittelijan laatimasta Kuivaketju10:n riskilistasta. Työntekijöille sekä urakoitsijoille tulee antaa riittävästi tietoa työvaiheista, jotka dokumentoidaan ja vaikuttavat oleellisesti toimintamallin onnistumiseen.

Urakoitsijoita perehdyttäessä tulee käydä läpi suunnittelijoiden tarkentamat todentamishyönteeseen tarkistuslistat, joissa esitetään riskejä sisältävät työvaiheet ja niiden dokumentointi. Dokumentointia tulee tehdä määrätillä tavalla ja työmaatoimihenkilöiden tulee yhdessä urakoitsijan kanssa todentaa esitetyn tarkistuslistan mukaisten työvaiheiden onnistuminen. Vastuu dokumentoinnista työmaalla kuuluu määrätälle henkilölle, joka on vastuussa kyseistä työvaiheesta. Henkilöllä tulee olla riittävästi resursseja työvaiheiden valvomiseen ja todentamiseen tarkistuslistan mukaisesti. Työvaiheiden dokumentoinnit hyväksytetään kosteuskoordinaattorilla. [3.]

Kuivaketju10:n mukaista toimintaohjetta tulee noudattaa myös rakennuksen ylläpitovaiheessa, Kuivaketju10-statuksen säilyminen edellyttää toimintamallin toteutumisen säännöllistä uudelleen arviointia rakennuksen käytön aikana. Kosteuskoordinaattori muodostaa yhdessä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa rakennuksen huoltokirjaan osion, jossa esitetään Kuivaketju10-riskilistan kaikki riskikohdat sekä dokumentointiohjeistus. Riskilistassa esitetään käytönaikaisia ylläpitotoimia vaativat rakenteet, säännölliset tarkastukset, huollot, materiaalivalmistajien antamat ylläpito-ohjeet sekä kunnossapitotokot toimenpiteineen. Toimintamallissa asetetaan vaatimuksia myös rakennuksen ylläpidolle, toimilla halutaan varmistaa rakennuksen säilyminen terveellisenä sekä kuivana koko sen elinkaaren ajan. [3.]

Kuivaketju10-statuksen uudelleenarviointi on vapaaehtoista, ensimmäisen kerran arviointi suoritetaan noin kaksi vuotta käyttöönoton jälkeen ennen takuuajan päättymistä, sen jälkeen status voidaan uusia viiden vuoden välein [3.]

9.3 Kuivaketju10:n Questback-kyselyn tulokset

Kuivaketju10:n osalta haluttiin questback-kyselyssä saada selville, millainen kuva kyseisestä toimintamallista on yrityksen sisälle muodostunut. Tarkasteltaviksi asioiksi otettiin tuottavuusloikka, kosteudenhallintakoordinaattori ja dokumentointi. Insinööritöössä jätetään tuottavuusloikka huomioimatta, mutta vastaukset on koottu liitteeseen 4.

Questback-kyselyn pohjalta kovinkaan moni ei näe toimintamallia kovinkaan hyödyllisenä asiana työmaan näkökannalta. Oletettavasti Kuivaketju10 tulee tuomaan julkisuudessa lisäarvoa, mutta käytännön työssä ei juurikaan. Hyvänä asiana kyselyssä nähtiin

suunnittelijoiden lisääntynyt vastuu detalji-suunnittelun osalta sekä aikaisempi alkava kosteudenhallinnan suunnittelu.

Kuivaketju10-toimintatapa ei ole ollut vielä pitkään mukana rakennustoiminnassa ja siitä herää kysymys ”jos KK10 käyttö kasvaa räjähdysmäisesti, mistä löytyy tarpeeksi osaavia koordinaattoreita?” Tämän takia on vielä vaikeaa kertoa kuluttajille Kuivaketju10-statuksesta niin, että siitä olisi oleellisesti hyötyä. Jos toimintamalli otetaan yleisesti käyttöön YIT:n sisällä, ei poikkeamiin toimintamallin noudattamisessa voida sallia.

Kyselystä löytyi eräs hyvä vastaus Kuivaketju10:n osalta, joka tulisi jokaisen sisäistää: ”Jokaisella työmaalla pitäisi tehdä Kuivaketju10:n asiat ilman Kuivaketju10:n käyttämistäkin. Lisätyötä voi tulla jonkin verran, etenkin jos lipsutaan Kuivaketju10:stä ja siksi olisin sen kannalla, että YIT:n tulisi kehittää oman laatu järjestelmän mukainen tapa hoitaa kosteudenhallinta.” [Liite 4, kysymykset 15-17.]

Ohessa on kyselystä koottuna suurimmat hyödyt ja haitat.

Taulukko 2 Kuivaketju10, vastausten koonti [Liite 4]

Hyödyt	Haitat
Toimintamallin mukainen status	Raskas dokumentointi
Kuluttaja luottamuksen parantuminen	Lisääntyvä työmäärä
Rakennustapa/suunnitteluvirheiden ehkäisy	Tiedon puute alkuvaiheessa
Suunnittelijoiden vastuu kosteudenhallinnan suunnitteluun ja oikeanlaisten ratkaisujen löytämiseen	Ulkopuolinen koordinaattori ei tuo mitään lisäarvoa työmailla joilla on osaava henkilöstö
Luo uusia toimintatapoja ja syrjäyttää vanhan YIT kosteudenhallinta prosessin	Lisääntyneet suunnittelukustannukset
Kosteudenhallintaan otetaan Kuivaketju10-toimintamallissa kantaa jo suunnitteluvaiheessa. Näin ollen saavutetaan hyötyä, jos ja kun suunnitelmat ovat toteutuskelpoisempia	Ulkopuoliset tahot, joita joudutaan käyttämään maksavat paljon ja tuovat projekteille ylimääräisiä kuluja.
Se yhtenäistää toimintatavan YIT:n sisällä. Vaatii paljon perehtymistä ja selvän ohjeistuksen kehitystiimiltä	

10 Haastattelut

Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina liitteiden 1,2 ja 3 kysymyksillä. Haastatteluissa haluttiin saada selville yrityksen ideoita ja näkökulmia tietomallintamisen tulosta ja Kuivaketju10-toimintamallin liittämistä osaksi tuotannontoteutusta. Haastatteluita tehtiin kevään 2018 aikana ja niiden pohjalta koottiin raportit yrityksen sisäiseen käyttöön.

10.1 Rakennuttajapäällikkö

Haastattelun rakennuttajapäällikkö Esko Seppästä liittyen tietomallintamisen hyödyntämiseen osana tuotantoa. Haastattelu toteutettiin **liitteen 1** kysymyksillä. **Haastattelun raportti sisältää yrityksen kannalta luottamuksellisia tietoja ja siksi se on jätetty pois julkisesta versiosta.**

10.2 Laskentapäällikkö ja laskentainsinööri

Haastattelun laskentaprosessin laskentapäällikköä Vesa Harjua ja laskentainsinööri Minna Elgbackaa liittyen tietomallintamisen hyödyntämiseen osana laskentaa. Haastattelu toteutettiin **liitteen 2** kysymyksillä. **Haastattelun raportti sisältää yrityksen kannalta luottamuksellisia tietoja ja siksi se on jätetty pois julkisesta versiosta.**

10.3 Tietomalliarkkitehti BIM Manager

Insinööritoimistossa haastateltiin Teemu Kangasmäkeä, joka on toiminut YIT:llä lokakuusta 2017 lähtien tietomalliarkkitehdin tehtävissä asuinkehitysyksikössä. Haastattelu toteutettiin **liitteen 3** kysymyksillä. **Haastattelu raportti sisältää yrityksen kannalta luottamuksellisia tietoja ja siksi se on jätetty pois julkisesta versiosta.**

11 Tietomallintamisen edellytykset hankkeelta

Tietomallipohjaiseen hankkeeseen siirryttäessä tulisi mallin tietosisällön tarkistamiseen varata riittävästi aikaa ja resursseja sekä joustavuutta suunnitteluosapuolille. Näin vähennetään eri osapuolten houkutusta käyttää perinteisiä piirtämiskäytäntöjä hankkeen eri vaiheessa. Pienten suunnitelmamuutosten tekeminen mallien sijasta ainoastaan piirustuksiin saattaa olla mallintamista nopeampaa, mutta se kootuu yleensä myöhemmin suunnitelmissa esiintyvänä ristiriitaisena tietona. Mikäli hankkeen omistaja ei heti hankkeen alussa selkeästi sitoudu toimimaan tietomallihankkeen edellyttämällä tavalla, saattaa se heijastua suunnittelun ja mallintamisen käynnistämisen epävarmuutena, jolloin suunnitteliijaosapuolet eivät myöskään sitoudu mallintamiseen. [6, s.4-5.]

Hankkeenaikana projektinjohdolta vaaditaan usean eri tietomalliohjelmiston käyttöosaamista. Monien eri käyttötarkoituksiin tarkoitettujen ohjelmien käyttö vaatii hyvää ohjeistusta, sillä projektinjohto tarvitsee esimerkiksi työmaasuunnittelussa arkkitehtisuunnitteluohjelmistoa, aikataulutusta ja kustannusten seurannassa projektinhallintaohjelmistoa. Lisäksi määrälaskentaa tehdään joko määrälaskentaan tarkoitetuilla ohjelmistoilla tai suunnitteluohjelmistoilla. [1, s.87-90.]

Projektijohdon tulisiakin miettiä, minkälainen on työmaatoimihenkilöiden valmius käyttää tietomallia työmaalla. Osataanko mallintamista hyödyntää päivittäisessä työmaatoteutuksessa ja onko työmaahenkilöstö motivoitunutta käyttämään mallia. Työmaahenkilöstöllä tulisi olla riittävät taidot tietosisällön hakemiseen ja määrien laskentaan tietomallista. Työmaatoimihenkilöiltä tulevaisuudessa edellytetään, että toimihenkilö hallitsee tietomallituksen perusteiden ja peruskäsitteiden ymmärtämisen, tuntee tarvittavien ohjelmatyökalujen ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet, hallitsee tietokoneiden ja mobiililaitteiden käytön sekä perus viestintätaidot, hallitsee projektipankin ja pilvipalveluiden sekä muiden tiedonhallintajärjestelmien käytön, osaa käyttää malleja oman työtehtävänsä tukena. [1, s.87-90.]

Useat tietomallituksen haasteista johtuvat osaamisen ja kokemuksen puutteesta sekä hankaluudesta omaksua uusi työtapo. Hankkeessa pitää varata riittävästi aikaa ja resursseja koulutuksiin, itsenäiseen perehtymiseen ja itse mallin käyttöön. Haastavaa vuonna 2019 alkavissa YIT:n tietomallinnuskohteissa tulee olemaan se, miten henkilös-

tölle voidaan tarjota mallin käyttöön jatkuvaa tukea. Käytön esteeksi saattaa koitua työ-koneiden suorituskkyvyt pyörittää raskaita tietomalliohjelmistoja, joka taas vähentää työ-maalla motivaatiota ottaa uusi työkalu käyttöön.

Hankkeen toteutuksen kannalta haasteeksi saattaa muodostua toimijoiden ja urakoitsi-joiden tietotaito tietomallin käyttöönottoon. Rakennustuotannon henkilöstö ei välttämättä osaa käyttää tarvittavia ohjelmistoja suunnittelumallien tarkasteluun ja siirtää mallitietoja omiin ohjelmistoihinsa. Lisäksi tuotannon henkilöstön tietotekniset valmiudet eivät vält-tämättä riitä eri laiteympäristöissä, kuten työasemissa, kannettavissa tietokoneissa ja mobiililaitteissa tapahtuvaan toimintaan. Työmaan toimistojen laitteet ja tietoliikenneyh-teydet tulisi päivittää vastaamaan tämän päivän vaatimuksia, jotta tietomalleja voitaisiin tarkastella jatkuvasti osana tuotannonohjauksen ja johtamisen tukea. Työmaat tulee va-rustaa tietomallien käytön edellyttämällä riittävän tehokkailla laitteilla, kuten tietokoneilla, mobiililaitteilla, näytöillä ja dataprojektoreilla, jotta raskaat ohjelmistot eivät kaadu kesken työnteon. [1, s.25-27.]

Liitteen 4 Questback-kyselystä lyhyesti koottuna tietomallihankkeelta tarvitaan innostu-mista ja reipasta asennetta viedä asioita eteenpäin. Rakentamisvaiheen hyötyjen toteu-tuminen ei tapahdu saman tien, vaan oppimisprosessin kautta. Työmaa ja tuotantohen-kilöstö tulevat tarvitsemaan vielä paljon tukea, ennen kuin tietomalleja opitaan hyödyn-tämään päivittäisessä toiminnassa.

12 Tietomallihankkeen tuomat haasteet

Tietomallihankkeessa ongelmia tulee olemaan yhtäläillä kuin perinteisessäkin hank-keessa. Kun tietomallintaminen tulee vakiintumaan yrityksessä riskiksi saattaa muodos-tus sokea määrätietoihin luottaminen. Myös tietomallit tulevat vaatimaan kriittistä tarkas-telua ja käsillä tehtävää määrälaskentaa sekä kokemuksen tuomaa tietoa menekkien osalta ja toteutuksen osalta. Tietty epävarmuus tilauksien määrästä saadaan jäämään pois, kun työnjohtajalla olisi kuitenkin hyvä pohja mihin verrata omaa laskelmaansa. [Liite 4, kysymys 7.]

Riskeiksi tietomallihankkeille saattaa muodostua, se että vielä ei ole kokemusta tietomal-lihankkeen koordinoinnista. Koordinaattori hoitaa tietomallien yhdistelyn ja suunnittelijoi-

den koordinoinnin hyvin, mutta ongelmana on, ettei koordinaattorilla ole kokonaiskäsi-
tystä rakenteiden toimivuuksista tai tekniikkaosista, jolloin suunnittelussa keskitytään
vääriin asioihin. Toinen ongelma tietomallihankkeelle voi olla se, että sitä ei oteta riittä-
vällä laajuudella käyttöön koko toiminta organisaatiossa, kuten suunnittelussa, lasken-
nassa ja hankinnassa sekä työmaatoteutuksessa [Liite 3].

Taulukko 3, Tietomallihankkeen riskit

Suunnitteluprosessi	Riski
Yli mallinnetaan asioita, suunnittelijoilta edellytetään tarkkaa mallinnustasoa.	Tuotantovaiheessa malleista ei oteta kaikkea irti, vaan edelleen halutaan 2D-suunnitelmia asioista, jotka selviäisivät myös mallista. Näin ollen syntyy liikaa tie- toa tuotannonkannalta turhista asioista
Määrävirheet, rakenneosien virheet	Suunnittelija on syöttänyt väärin tietoja, luotetaan syötettyyn määrään
Kokonaisprosessin mahdollinen hidastu- minen ja mallissa olevat virheet	Tietomallikoordinaattori ei ymmärrä ra- kenne osien toimivuutta tai suunnittelijoi- den työn priorisoimista
Suunnittelu-aikataulu	Onko mallintaminen sopeutettu rakennus- organisaation tarpeisiin
Detaljit	Päätökset detaljitason asioista on tehtävä huomattavasti aikaisemmin kuin perinteisessä suunnittelussa. Ollaanko konsul- toitu esimerkiksi vastaavaa työnjohtajaa.
Jokin osa-alue on mallinnettu ja jokin toi- nen on tehty ilman mallintamista.	Suunnitelmien yhdistäminen ei onnistu il- man virheitä suunnitelmien eri tarkkuustasojen ja ohjelmien yhteensopi- vuuden vuoksi.
Tarjousvaihe/urakkalaskenta	
Urakka-asiakirjat	Asiakirjojen pätevyysjärjestyksestä sovit- tava urakkasopimuksia tehdessä
Urakoitsijat, hankinta ja tuotetoimittajat	Osataanko hyödyntää tietomallia tarjouk- sissa tai toteutuksessa

Tekijänoikeuskysymykset	Mitä malleja voidaan luovuttaa muille hankeosapuolille
Koordinoiminen	Jonkun suunnitteluosapuolen työ ei etene samaan tahtiin muiden suunnittelijoiden kanssa, jolloin laskennan kannalta tärkeää tietoa jää uupumaan.
Rakenneosat koostuvat eri osista	Määrätiedon saanti laskennalle vaikeampaa
Rakenneosat luokiteltu/nimetty väärin	Puutteet määräluetteloissa, rakenneosa löytyy väärästä määräluettelosta
Rakentamisaikana	
Tietomallikoordinointi vähenee	Kuka päivittää tietoja malliin ja miten usein
Yhdistelmämallien ajantasaisuus	Yhdistelmämalli vaatii 2D-suunnitelmien 1:1 ajantasaisuuden tietomallin kanssa, jotta sitä voidaan hyödyntää työmaakäytössä
Uusi teknologia	Projektorit, laitteet ja niiden hyödynnyks, osataanko hyödyntää. Vai tehdäänkö turhia investointeja
Työmaan koneet ja mobiililaitteet	Ovatko koneet riittävän tehokkaita
Henkilöstön osaaminen	Osataanko ohjelmia ja tekniikkaa hyödyntää
Muutosvastaisuus	Tuotantoa tehdään kokemuspohjaisesti, tietomalleihin perehtymättä

Questback-kyselyssä oli eräällä vastaajalla kysymyksenä, että onko kaikkien kohteiden mallintaminen järkevää? Yksinkertaisten rakennuksien mallintaminen ei toteutuksen kannalta ole mitenkään ratkaisevaa, joten saavutetaanko mallintamisessa se hyöty, mitä siltä tavoitellaan. [Liite 4, kysymys 19.]

Viitaten BIM-arkkitehti Teemu Kangasmäen haastatteluun, niin suurin osa suunnittelu-toimistoista tietomallintaa joka tapauksessa hankkeita, vaikka tilaaja olisikin tilannut perinteisen hankkeen suunnitelmilla. Suunnitelmat siis tulostetaan tietomallista jo nykyään perinteisissäkin hankkeissa. Tietomallintamisen ei siis pitäisi tuoda lisäkustannuksia

hankkeen koosta riippumatta, se mitä malleilta vaaditaan ja millä tarkkuudella mallien halutaan olevan vaikuttaa enemmän kustannuksiin [Liite 3].

13 Loppupäätelmät

Tietomallinnukseen siirtyminen tulee aiheuttamaan vastarintaa uusien asioiden opettelussa ja työmaatoiminnassa, kuitenkin yleinen ilmapiiri yrityksen sisällä on positiivinen asian suhteen. Alkuvaiheessa työmaan tietomallien käytölle tulisi varata riittävästi aikaa ja resursseja. Jokaiselta työmaalta pitäisi löytyä riittävän päteviä käyttäjiä, jotka tarpeen tullen voivat toimea muiden toimihenkilöiden tukena. Tietomallintaminen avaa rakentamiseen uusia ikkunoita, mutta vielä pitkä matka siihen, että toteutus tapahtuisi kokonaan tietomalleista tuotetulla tiedolla.

Projekteille saavutettavia kustannushyötyjä ei voida suoraan laskelmilla osoittaa ennen kuin koko tuotannon osaaminen vastaa tietomallinnushankkeen vaatimia tarpeita. Pitkällä tähtäimellä kustannushyötyjä saavutetaan myös pienemmissä tietomallinnetuissa hankkeissa, kun tuotannon toimintaa saadaan tehostettua. Kustannussäästöjä voidaan arvioida mallintamisen avulla, esimerkiksi löydetty ongelmakohtat ja virheet suunnitteluvaiheessa vähentävät ylimääräistä työtä toteutusvaiheessa. Suunnitelmien yksityiskohden tarkastaminen automaattisesti tarkastusohjelmilla, vähentää tietomallien väleiltä löytyviä ristiriitoja, jolloin työmaa toiminnalle ei aiheudu tahattomia suunnitelmapuutteista johtuvia taukoja.

Työnjohtajien edellytetään nykypäivänä monien eri ohjelmistojen käytönsaamista, mutta valitettavasti osaaminen ei ole kaikilla samalla tasolla. Työmaalle tulisikin vastuuttaa ainakin yksi toimihenkilö, joka hallitsee mallien monipuolisen käytön ja kykenee hakemaan mallista tarvittavia tietoja muulle henkilöstölle. Jokaisen tuotannonhenkilön tulisi kysyä itseltään ennen tietomallintamiseen siirtymistä, ”mitä hyötyä mallista on omalle työlle?”

Henkilöstön motivoimiseen tarvitaan työmaille yhteinen tahto-, ja taitotila tietomallin hyödyntämiseen. Tietomalliohjelmistoilta vaaditaan rakennustyömaa käytössä helppokäyttöisyyttä sekä kykyä toimia myös älypuhelimissa ja tablet-laitteissa. Tulevaisuuden rakennustyömaalla pystytään näkemään virtuaalilaseilla tai älylaitteella esimerkiksi LVIS-

reititysten sijainnit ja väliseinien paikat. Tietomallit tulevat avaamaan uusia mahdollisuuksia tietojen integroinnille yrityksen muihin järjestelmiin, jolloin rakentamisen liiketoiminnanprosessit tehostuvat.

Tuotannon kannalta riippuvuus tekniikasta saattaa haitata hankkeen läpivientiä. Yksittäiset sähkökatkot sekä virusten ja muiden teknisten häiriöiden takia toimimattomat järjestelmät voivat pysäyttää koko työmaan toiminnan. Tästä syystä työmailla tulisi olla ainakin yhdet täydet niteet ARK, RAK ja LVIS -suunnitelmista paperisina versioina.

Seuraavat viisi kappaletta tekstiä on salattu yrityksen sisäiseen käyttöön.

14 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli arvioida suunnitelmien tuotantonäkökulmaa ja tuottaa selvitys tietomallintamisen tuomista hyödyistä varauspiirroksierroksissa ja suunnitelmien toteuttamisessa. Työn tavoitteena oli tutkia tietomallintamisen vaatimia edellytyksiä sekä tietomallintamisen aiheuttamia muutoksia suunnittelu- ja rakentamisprosessissa. Työssä mietittiin Kuivaketju10:n liittämistä osaksi suunnitteluprosessia sekä rakentamisen aloitus vaiheeseen osaksi työmaan tuotannonsuunnittelua. Yhtenä osatavoitteena oli kehittää myös tietomalliprosessiin sopivaa tukea. Työssä pohdittiin, mitä tietomallintaminen parhaimmillaan on.

Insinööriyössä selvisi, että tietomallilla on paljon annettavaa rakennusliikkeen tarpeisiin, mutta tietomallintamiseen siirtyminen tulee vaatimaan kärsivällisyyttä kaikilta hankeosa puolilta, sillä oppiminen lähtee tekemisen kautta liikkeelle. Hyötyjä, joita tietomallintamisen avulla voidaan saavuttaa, tulee hankkeille oppimisen karttuessa. Lähdetään ensin liikkeelle lapsen askelein, jotta voitaisiin myöhemmin ottaa suuria harppauksia kohti uusia toimintatapoja.

Insinööriyön lopputuloksena saatiin yrityksen tarpeisiin tuotettua tuotantoprosessille sopivaa tukea tietomallien käyttöönotolle ja tietomallihankkeen läpiviennille. Insinööriyön aikana tulleita ideoita jalostin kehitysehdotuksiksi, joita mahdollisesti voidaan hyödyntää tulevilla tietomallihankkeissa.

Haastavaksi työstä teki ajantasaisen aineiston löytymisen ja löytyneen aineiston kokoamisen eri lähteistä. Tuoretta aineistoa työhön tuottivat haastattelut ja sähköinen kysely, sekä YIT:n sisäiset dokumentit, joista isot kiitokset kaikille vastanneille ja haastattelun antaneille.

Lähteet

1. Jäväjä, Päivi. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla, Rakennustieto Oy 2016
2. Hietanen, Jiri. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu filosofinen selvitys, Rakennustieto Oy 2005
3. Kuivaketju10.fi (luettu 12.12.2017)
4. Laine, Tuomas. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa, Rakennustieto Oy, Tammer-paino Oy 2008
5. Penttilä, Hannu. Nissinen, Sampsa. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, Rakennustietosäätiö ja Rakennusteollisuus RT ry, Tammer-paino Oy 2006
6. Penttilä, Hannu. RT 10-10992 Tietomallinnettava rakennushanke, Rakennustieto Oy 2010
7. Yleiset tietomallivaatimukset Osa 11 Luettu 08.12.2017
8. Kuivaketju10 perehdytys-seminaari, Sami Saari Rakentamisen Laatu Ry (RaLa), 11.10.2017, YIT pääkonttori Panuntie 11
9. Yleiset tietomallivaatimukset Osa 13 Luettu 10.12.2017
10. Elementtisuunnittelu.fi <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu> (luettu 31.12.2017)
11. YIT sisäiset vuosikorjausraportit 2014-2017
12. YIT sisäiset loppuraportit 2014-2017

Rakennuttajapäällikkö

1. Toimenkuvasi yrityksessä?
2. Oletko osallistunut tietomallihankkeen suunnitelmakatselmukseen?
 - Miten katselmus on eronnut perinteisestä hankkeesta?
3. Miten kaksi osainen suunnitelmakatselmus eroaa perinteisestä suunnitelmakatselmuksesta ja onko tämän avulla saatu parannettua suunnitelmien laatua?
4. Onko suunnitelmakatselmuskäytäntö muuttumassa tietomallihankkeen myötä?
5. Millä tavoin uskot tietomallintamisen muuttavan YIT:n tuotantoa seuraavan viiden vuoden aikana?
6. Miten uskot urakoitsijoiden ottavan tietomallit käyttöön?
7. Millaisia riskejä näet tietomallihankkeelle?
8. Oletko ollut hankkeessa, jossa on päätetty Kuivaketju10 toimintamallin käyttöönotosta?
 - Miten suunnittelijat ovat ottaneet toimintamallin riskilistat huomioon suunnitelmissa?
 - Onko toimintamallin käyttöönotossa onnistuttu?

Kustannuslaskentaprosessi, Laskentapäällikkö ja laskentainsinööri:

- 1) Toimenkuvasi ja osastosi päätehtävät?
- 2) Millaisella valmiusasteella laskenta yleensä saa suunnitelmat?
- 3) Onko laskennalla aiempaa kokemusta tietomallihankkeista? Miten tavoitearviot ovat osuneet kyseisten hankkeiden toteutumien osalta?
- 4) Onko LVIS-tekniikoiden kustannus- ja määrätiedot tarkentuneet tietomallintamisen myötä?
- 5) Miten tuotteistaminen on vaikuttanut hankkeiden kustannuksien muodostumiseen?
- 6) Mitä riskejä näet tietomallipohjaisessa rakennushankkeessa laskentaosaston näkökulmasta?
- 7) Missä hankkeiden suunnitelmissa on esiintynyt eniten puutteita laskentaosaston kannalta?
- 8) Miten tarjouslaskenta hoituu tietomallihankkeessa, onko vertailu helpompaa perinteiseen hankkeeseen verrattuna?
- 9) Minkä rakennusosan/työsuoritteen kustannusarviolaskenta on yleensä vaikeinta toteuttaa, onko tietomalleista hyötyä tämän osalta?
- 10) Ovatko tietomalleista saatavat määräluettelot olleet hyödyllisiä ja realistisia tiedoiltaan? Esimerkiksi anturoiden raudotteiden osalta, tai väliseinät?
- 11) Miten tietomallintaminen muuttaa laskentaosaston toimintaa, onko kuiva-
ketju10-toimintamalli näkynyt vielä suunnitelmissa/kustannusarvioissa?
- 12) Kaikki vuonna 2019 alkavat hankkeet asuinrakentamisyksikössä toteutetaan tietomallintamalla, Vähentääkö/lisääkö työmäärää
- 13) Mitä riskejä näet tietomallihankkeille?

Tietomalliarkkitehti

- 1) Toimenkuvasi ja osastosi päätehtävät, aiempi osaaminen?
- 2) Oletko saanut tietomallikoordinaattorin koulutusta?
- 3) Onko YIT:llä ollut oma tietomallikoordinaattori hankkeissa vai onko Arkkitehti hoitanut koordinointia?
- 4) Minkälaisia Arkkitehtien tuottamat mallit ovat olleet laadultaan?
- 5) Oletko mukana kehittämässä yrityksen tietomallikirjastoja ja missä koet yrityksellä olevan eniten parantamisen varaa? (Kehitätkö tuotteistusta esim. tuotemalleihin objekteja tai muita tilaelementtejä)
- 6) Kehitätkö tietomalleihin työturvallisuuteen liittyviä objekteja?
- 7) YIT siirtyy tietomallintamiseen kaikissa 2019 alkavissa hankkeissa, mitä haasteita tämä tuo työhösi?
- 8) Oletko kehittänyt YIT:n suunnittelun ohjaukseen tukea/ohjeistusta tai johtamismallia tulevia tietomallihankkeita varten?
- 9) Oletko osallistunut YIT:llä n tietomallien suunnittelupalaveriin jonkun hankkeen aloitusvaiheessa?
- 10) Teetkö yhteistyötä rakennesuunnittelijoiden tai muiden arkkitehtien kanssa, miten yhteistyö on onnistunut käytännössä?
- 11) Miten ristiriitojen etsiminen ja erilaisten analyysien tekeminen on onnistunut tietomallipohjaisilla ohjelmistoilla? Ovatko tulokset olleet luotettavia
- 12) Miten tuotantokelpoisuuden varmistaminen toteutuu käytännössä ja onko suunnitelmissa konsultoitu esimerkiksi vastaavia mestareita/työnjohtoa?
- 13) Mitkä ovat mielestäsi suurimmat tietomallihankkeen riskit?

Questback kysely Projektipäälliköt ja vastaavat työnjohtajat:

- 1) YIT:llä pyritään tietomallintamaan kaikki vuonna 2019 alkavat hankkeet, koetko että työmaahenkilöstöllä on riittävät valmiudet tietomallien käyttöön tuotannossa?
 - Kyllä
 - Ei
 - En osaa sanoa
 - Tulee vaatimaan paljon tukea
 - muu vastaus
- 2) Onko sinulla kokemusta tietomallihankkeesta tai tietomallintamisesta?
 - ei yhtään
 - vähän
 - kohtalaisesti
 - Paljon
 - muu vastaus
- 3) Mitkä ovat olleet mielestäsi perinteisen suunnitteluhankkeen suurimmat ongelmat?
 - Avoin vastaus
- 4) Mitä ongelmia ja hyötyjä uskot tietomallintamisen tuovan työmaa toimintaan?
 - Avoin vastaus
- 5) Tietomallien avulla rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto osapuolten välillä tehostuu. Uskotko ARK,RAK,LVIS-suunnitelmien ristiiriitojen määrät tulevat vähenemään?
 - Kyllä merkittävästi
 - Jonkin verran
 - Vähän
 - En osaa sanoa
 - muu vastaus

6) Uskotko että tietomallintamisella voidaan ehkäistä työmaalle muodostuvia kustannuksia, jotka johtuvat puutteellisista reikävaraussuunnitelmista elementtikuvissa ja LVIS-tekniikoiden yhteensovituksissa?

- Ei yhtään
- vähän
- jonkin verran
- merkittävästi
- muu vastaus

7) Tietomalleista saadaan valmiita määrätietoja mm. kustannuslaskennan ja määrälaskennan tarpeisiin. Uskotko että työmaahenkilöstön materiaalihankintojen ylilyönnit ja kustannukset vähenevät, kun käsin tehtävän laskennan määrä vähenee? (Esimerkiksi tietomallista saadaan suoraan muuraus pinta-alat ja väliseinien määrät jne.)

- Avoin vastaus?

8) Tietomalleihin voidaan tuotemallintaa mm. LVIS-järjestelmiä, jolloin esimerkiksi ilmanvaihtokanavat vastaavat todenmukaista rakennetta jo suunnitteluvaiheessa. Tietomalleilla pystytään jo suunnitteluvaiheessa tekemään energia-analyysejä ja ilmanvirtaus tarkasteluja joilla voidaan tutkia rakenteiden ja auto-maatioiden toimivuutta.

Uskotko että vuosikorjausten kustannusmääriä voidaan pienentää merkittävästi tietomalleihin tuotetuilla tuotemalleilla ja rakenteiden analysoinneilla?

- Kyllä
- Hieman
- Ei yhtään
- En osaa sanoa
- muu vastaus

9) Mihin vuosikorjauksissa tai tuotannossa esiintyviin ongelmiin toivoisit tietomallintamisen tuovan ratkaisun?

- Avoin vastaus

10) Tietomalleja voidaan hyödyntää mm. työmaan valmiusasteen seurannassa ja työjärjestysten suunnittelussa. Aiotko ottaa tietomallintamisen tueksi osana kokouksia/palavereita?

- Kyllä
- En
- En tiedä

11) Kuinka kauan uskot YIT:ltä ja suunnittelu yhteistyökumppaneilta kestävän siirtymävaiheessa, jolla suunnittelun, tuotannon sekä projektijohdon tietomallitaidot saadaan riittävälle tasolle, jolloin tietomalleilla aletaan saavuttaa merkittäviä kustannus- ja aikatauluhyötyjä hankkeissa?

- 3-12kk
- 1-3 vuotta
- 3-5 vuotta
- en osaa arvioida
- muu vastaus

12) Tietomallintamisen avulla tuotannon 4D-aikataulutus ja työjärjestysten suunnittelu sekä toteutumatilanteen havainnollistaminen tulee selkeämmäksi. YIT:llä pyritään tuottavuusloikkaan, jonka tavoitteena on leikata 15 prosenttia tuotantokustannuksista. Uskotko että YIT:n tavoitteleva tuottavuusloikka esimerkiksi sisätyöaikataulun tiivistämisessä tai tuotteistamisella voidaan saavuttaa tietomallintamisen avulla?

- Avoin vastaus

Kuivaketju10:

13) YIT:llä aiotaan ottaa käyttöön Kuivaketju10-toimintamalli osaksi rakennusprosessia, onko toimintatapa sinulle tuttu?

- Olen osallistunut kuivaketju10 koulutukseen
- Olen ollut hankkeessa, jossa on ollut kyseinen toimintamalli käytössä
- En ole tutustunut toimintamalliin

- Tiedän vähän aiheesta
- muu vastaus

14) Uskotko että työmaa hyötyy kuivaketju10-toimintamallista?

- Se lisää haasteita työmaa toiminnalle
- Ei vaikuta mitenkään
- Parantaa merkittävästi työmaan kosteudenhallintaa ja luo edellytykset laadukkaampaan lopputulokseen
- en osaa sanoa
- muu vastaus

15) Rakennusalan maine on ollut pitkään huono kuluttajien näkökulmasta. Kuivaketju10-hanke edellyttää, että hankkeen aikataulu ei saa olla liian kireä, jolloin esimerkiksi tuottavuusloikan tavoitteleva sisätyövaiheiden läpiviennin kiristäminen tuntuu haasteelliselta. Sisäilma ongelmat ovat jatkuvasti esillä mediassa, joten saavutetaanko kuivaketju10-statuksella luotettavuutta ostajien ja mahdollisten tulevien asiakkaiden osalta?

- Avoin vastaus

16) Onko kuivaketju10 vain ylimääräistä lisätyötä työmaatoiminnalle vai koetko että sillä voidaan saavuttaa muutakin kuin hankkeelle uusi status?

- Avoin vastaus

17) Kuivaketju10 edellyttää ulkopuolista kosteudenhallintakoordinaattoria joka seuraa ja valvoo kuivaketju10 toteutumista sekä tarvittaessa puuttuu epäkohtiin. Lisääkö tämä paineita työmaan toiminnalle?

- Kyllä
- Jonkun verran
- Ei merkittävästi
- Ei vaikuta työmaan toteutukseen
- muu vastaus

18) Tulisiko työmaan kultaista-aikaikkunaa pidentää hieman vuoden 2019 alkavien hankkeiden osalta, jotta tietomallikoulutukselle ja kuivaketju10-toimintamalliin perehtymiseen olisi riittävästi aikaa varattuna?

- Nykyinen aika on riittävä
- Työmaahenkilöstö tarvitsee enemmän aikaa uuden opetteluun
- Aika on riittävä, jos työmaalla on edes yksi kokenut tietomallin käyttäjä
- En osaa sanoa

19) Avoin palaute, mikä tietomallihankkeessa tai Kuivaketju10:ssä mietityttää

Tuotannon tietomallivastaava kaavio